

**APRENDIZAJE PROFUNDO DEL CONCEPTO “VOLUMEN DE LÍQUIDO
DESPLAZADO” A TRAVÉS DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS
AMBIENTALES EN EL MARCO DEL AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA**

**MACROPROYECTO DE TECNOLOGÍAS PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE
DEL AGUA**

PROYECTO DE MAESTRÍA

Presentado como requisito para obtener el título de Magister en Ciencias Ambientales con
énfasis en Enseñanza de las Ciencias Naturales

ADRIÁN MIGUEL CORREA RESTREPO

Programa Maestría en Ciencias Ambientales
Facultad de Ciencias Ambientales

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

Director
M.Sc. AA. Deibys Gildardo Manco Silva

2018

Resumen

El presente estudio surge de la necesidad de transformar la enseñanza, profundizar en el aprendizaje y desarrollar habilidades de pensamiento, bajo un proceso de ambientalización curricular escolar que considere la dimensión ambiental como eje articulador para la enseñanza de las ciencias.

Desde esta perspectiva, la investigación se inscribe en el Macroproyecto “Tecnologías para el ahorro y uso eficiente del agua” de la línea de profundización de la Maestría en Ciencias Ambientales. Es un informe de corte descriptivo (cuantitativo) sobre el desarrollo de habilidades del pensamiento como la argumentación y la resolución de problemas, bajo un enfoque de aprendizaje profundo, en estudiantes de sexto grado de la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero del municipio de Dosquebradas. Para la intervención en el aula, se diseñó una secuencia didáctica (bajo el ciclo de aprendizaje constructivista) sobre el concepto de *volumen de líquido desplazado*, que se articuló con un modelo de enseñanza por resolución de situaciones problemáticas ambientales en el contexto del *ahorro y uso eficiente del agua*.

El análisis cuantitativo de la información recolectada a través de la aplicación de un instrumento diagnóstico-evaluativo (preprueba y posprueba), permitió caracterizar los niveles iniciales y finales de aprendizaje profundo en las dimensiones: argumentación y resolución de problemas en 33 estudiantes. Asimismo, la comparación de los resultados de la preprueba y la posprueba, permitió evidenciar que hubo movimientos significativos de los estudiantes a niveles superiores de aprendizaje profundo, de acuerdo con la escala de valoración diseñada a partir de los referentes teóricos, demostrando con esto, que la implementación de intervenciones didácticas cuidadosa e intencionalmente planificadas puede contribuir de manera favorable al desarrollo de habilidades del pensamiento como la argumentación y la resolución de problemas.

Palabras clave: aprendizaje profundo, resolución de problemas, argumentación científica, pensamiento crítico, unidad didáctica, conceptos estructurantes.

Abstrac

This study arises from the need to transform teaching, deepen learning and develop thinking skills, under a school curricular environmental process that considers the environmental dimension as an articulating axis for the teaching of science.

The present study is part of the Macroproject "Technologies for the saving and efficient use of water" of the deepening line of the Master's in environmental sciences. It is a descriptive research report (quantitative) on the development of thinking skills such as argumentation and problem solving, under a deep learning approach, in sixth grade students of the Agustín Nieto Caballero Educational Institution. For the intervention in the classroom, a didactic sequence was designed (under the constructivist learning cycle) on the concept of *displaced liquid volume* that was articulated with a teaching model by solving problematic situations in the context of *saving and efficient use of water*.

The quantitative analysis of the information collected through the application of a diagnostic-evaluative instrument (Pre-test and Post-test), allowed to characterize the initial and final levels of deep learning in the dimensions: argumentation and problem solving in 33 students. Likewise, the comparison of the results of the pre-test and the post-test, made it possible to show that there were significant movements of students at higher levels of deep learning, according to the rating scale designed from the theoretical referents, demonstrating with this, that the implementation of careful and intentionally planned didactic interventions can contribute favorably to the development of thinking skills such as argumentation and problem solving.

Keywords: Deep learning, problem solving, scientific argumentation, critical thinking, didactic unit, structuring concepts.

Agradecimientos

A mi familia, sobre todo a mi esposa Luz Adriana Obando Álvarez a la cual dedico con todo mi amor y cariño esta tesis, por los momentos difíciles que hemos superado juntos y por andar a mi lado en el camino de la vida incondicionalmente.

Al Ministerio de Educación Nacional por el programa de becas condonables para la excelencia que me permitieron el acceso de manera gratuita a un programa de maestría de alta calidad.

A los docentes de las facultades de Ciencias Ambientales y Educación por permitirme acceder a nuevos conocimientos y cambiar mi paradigma mecanicista por uno más sistémico y holístico.

A mi director de tesis quien de forma desinteresada dispuso de su tiempo para escuchar por horas incasables mis ideas y ayudar a darles forma.

A mis amigos docentes de maestría por compartir experiencias significativas y brindarme el don de la amistad.

Reconocer de manera especial a las personitas razón de ser de esta investigación, quienes con su esfuerzo, dedicación y motivación permitieron que la intervención de aula fuera exitosa, *mis alumnos*.

Hoja de vida

Fecha de Nacimiento:

Nacido en las montañas del Tatamá, Municipio de Santuario, Departamento de Risaralda, Colombia.

Fecha de grado del pregrado:

Título de Tecnólogo en Química obtenido el 30 de marzo de 2006 de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Título de Químico Industrial obtenido el 30 de septiembre de 2010 de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Año de vinculación:

Nombrado en propiedad desde el 30 de junio de 2015 en la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero del municipio de Dosquebradas.

Año – Presente:

Estudiante de maestría, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira.

Tabla de contenido

Resumen	i
Abstrac.....	ii
Agradecimientos	iii
Hoja de vida	iv
Lista de tablas	vi
Lista de figuras.....	vii
Lista de anexos.....	vii
Capítulo 1. Generalidades de la investigación.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Contexto	4
1.2.1 Contexto extraescolar.....	4
1.2.2 Contexto intraescolar	5
1.3 Objetivo general	6
1.3.1 Objetivos específicos.....	6
1.3.1.1 Objetivo 1: Caracterizar niveles de aprendizaje profundo.	6
1.3.1.2 Objetivo 2: Diseñar y aplicar una secuencia didáctica.	6
1.3.1.3 Objetivo 3: Eficacia de la intervención didáctica.	6
1.4 Pregunta de investigación.....	6
Capítulo 2. Marco teórico	7
2.1 Relaciones entre aprendizaje profundo, resolución de problemas y argumentación	7
2.2 Resolución de problemas en el campo de la enseñanza de las ciencias	9
2.2.1 Resolución de problemas ambientales	11
2.3 Argumentación en ciencias y sus componentes	12
2.4 Aprendizaje profundo, punto de encuentro entre dos ciencias	13
2.5 Ciclo constructivista del aprendizaje, unidades y secuencias didácticas.....	14
2.6 Pertinencia del concepto estructurante: volumen de líquido desplazado	16
Capítulo 3. Métodos y metodología	18
3.1 Enfoque y tipo de estudio	18
3.2 Muestra	19
3.3 Características de los estudiantes	19
3.4 Diseño metodológico	19
3.4.1 Metodología - Objetivo Específico 1: caracterizar niveles de aprendizaje ..	21
3.4.1.1 Descripción de la categoría de análisis: aprendizaje profundo	21
3.4.2 Metodología - Objetivo Específico 2: diseñar y aplicar una secuencia didáctica	24
3.4.3 Metodología - Objetivo Específico 3: eficacia de intervención didáctica ...	24
Capítulo 4. Resultados y Análisis de resultados	25

4.1 Resultados del test de estilos de aprendizaje de Waldemar De Gregori.....	26
4.2 Resultados del cuestionario inicial (preprueba)	27
4.2.1 Diseño y validación del cuestionario	27
4.2.2 Interpretación de resultados de la preprueba	28
4.3 Implementación de la intervención didáctica.....	36
4.4 Resultados del cuestionario final (posprueba)	38
4.4.1 Contrastación de los resultados obtenidos en el cuestionario inicial y final	42
4.5 Resultados generales de otras dimensiones del aprendizaje profundo	48
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones	50
5.1 Conclusiones	50
5.2 Recomendaciones	51
Referencias	52
Anexos.....	55

Lista de tablas

Tabla 1. Registro y valoración de las respuestas de la preprueba y la posprueba.....	21
Tabla 2. Descripción de la categoría y subcategorías de análisis.....	22
Tabla 3. Niveles de aprendizaje profundo de los estudiantes y sus características.....	23
Tabla 4. Cronograma de procedimientos.....	25
Tabla 5. Conformación de pequeños grupos.....	27
Tabla 6. Debilidades en el aprendizaje: concepciones alternativas de los alumnos.....	31
Tabla 7. Caracterización inicial de los niveles de aprendizaje profundo de los estudiantes en los componentes: argumentación, resolución de problemas y comprensión conceptual	32
Tabla 8. Dificultades en el aprendizaje profundo de los estudiantes en los componentes de argumentación y resolución de problemas evidenciadas en la preprueba.	34
Tabla 9. Estructura de la secuencia didáctica diseñada	37
Tabla 10. Caracterización final de los niveles de aprendizaje profundo de los estudiantes en los componentes: argumentación, resolución de problemas y comprensión conceptual	40
Tabla 11. Avances de los estudiantes en los diferentes niveles de aprendizaje profundo	43
Tabla 12. Comparativo de los resultados obtenidos entre la preprueba y la posprueba.....	43
Tabla 13. Frecuencias y porcentajes comparativos entre la preprueba y la posprueba	44

Tabla 14. Descripción de las transformaciones del aprendizaje profundo en el estudiante 6 del grado 6B.....	45
Tabla 15. Argumentación socio científica del estudiantado en la posprueba	49

Lista de figuras

Figura 1. Comparativo nacional, local e institucional del porcentaje de estudiantes ubicados por nivel de desempeño en el área de ciencias naturales, grados 5° y 9°.	2
Figura 2. Tipos de actividades según su finalidad didáctica y niveles de abstracción y complejidad.	15
Figura 3. Red conceptual elaborada a partir del metaconcepto volumen de líquido desplazado	17
Figura 4. Proceso cuantitativo.	18
Figura 5. Diseño metodológico.	20
Figura 6. Distribución porcentual de estilos de aprendizaje de los estudiantes de grado 6B ...	26
Figura 7. Resultados de la valoración de la preprueba para la caracterización inicial de aprendizaje profundo de los estudiantes.	29
Figura 8. Número y porcentaje inicial de estudiantes por nivel de aprendizaje profundo	30
Figura 9. Comparativo de los niveles de desempeño de las pruebas SABER 2016 en ciencias naturales vs nivel de aprendizaje de los estudiantes en la preprueba	31
Figura 10. Resultados de la valoración de la posprueba para la caracterización final de aprendizaje profundo de los estudiantes	39
Figura 11. Número y porcentaje final de estudiantes por nivel de aprendizaje profundo	39
Figura 12. Comparativo entre resultados de la preprueba y la posprueba de los estudiantes de grado 6B de la IEANC.	42

Lista de anexos

Anexo 1. Operacionalización de la variable dependiente.....	56
Anexo 2. Heurístico general para la resolución de problemas.....	59
Anexo 3. Operacionalización de variable independiente.....	60
Anexo 4. Sociograma y características de los estudiantes.....	61

Anexo 5. Rubrica de evaluación del cuestionario (rejilla de valoración).....	63
Anexo 6. Secuencia didáctica.....	67
Anexo 6.1. Cuestionario de estilos de aprendizaje.....	91
Anexo 6.2. Prueba de actitudes relacionadas con la ciencia.....	92
Anexo 6.3. cuestionario “el valor del agua”	94
Anexo 6.4. Cuestionario inicial y final (preprueba y posprueba).....	98
Anexo 6.5. ¿Cómo resolvemos problemas?.....	104
Anexo 6.6. ¿Cómo construimos fundamentos?.....	107
Anexo 6.7. Autoevaluación inicial.....	110
Anexo 6.8. Propuesta de mejoramiento.....	111
Anexo 6.9. Contrato de aprendizaje.....	112
Anexo 6.10. Diario de clase.....	114
Anexo 6.11. Construcción de los conceptos de volumen y capacidad.....	116
Anexo 6.12. Construcción del concepto de volumen de líquido desplazado.....	122
Anexo 6.13. Variables que intervienen en el fenómeno físico de volumen de líquido desplazado.....	127
Anexo 6.14. Experiencias argumentativas.....	129
Anexo 6.15. Estudio de caso: alerta de alto consumo de agua.....	132
Anexo 6.16. Aplicación de una V heurística.....	134
Anexo 7. Tabulación de resultados de la preprueba y posprueba.....	135
Anexo 8. Validación estadística de la preprueba por Alpha de Crombach.....	136
Anexo 9. Análisis de repeticiones de las opciones de respuesta de la preprueba y posprueba..	137

Capítulo 1. Generalidades de la investigación

1.1 Descripción del problema

Investigaciones recientes en Didáctica de la Ciencias Naturales (DCN) acerca de la formación del pensamiento crítico y sus constituyentes (argumentación, resolución de problemas y metacognición) en los estudiantes, dejan manifiesto que es urgente una renovación metodológica de la educación tradicional, y por ende, de la práctica pedagógica sobre lo que se supone los estudiantes deben aprender, y por lo tanto, los docentes deben enseñar de manera intencionada y consciente (Tamayo, 2014 y Tamayo et al., 2015).

En este sentido, el cambio metodológico desde la DCN está encaminado no solo a la enseñanza de conceptos, principios, teorías y leyes, sino también, considerar como fundamental, el aprendizaje de destrezas intelectuales como la resolución de problemas y la argumentación, bajo una postura constructivista de enseñanza explícita de habilidades de pensamiento. Lo anterior, se apoya en la idea de que el aprendizaje es un proceso de construcción del conocimiento, en el que los procesos de interacción en el aula son inseparables de los procesos mentales de los estudiantes (Báez & Onrubia, 2015; Marzano & Gutiérrez, 2006 y Ortega & Hernández, 2015).

Dentro de los motivos para proponer esta renovación, en cuanto a la habilidad argumentativa de los estudiantes, se pueden citar la dificultad que tienen en usar el conocimiento para explicar y comprender los fenómenos cotidianos (Tamayo, 2015), así como la dificultad para reconocer que sus conclusiones o explicaciones deben estar sustentadas en pruebas y evidencias (Jiménez, 2010).

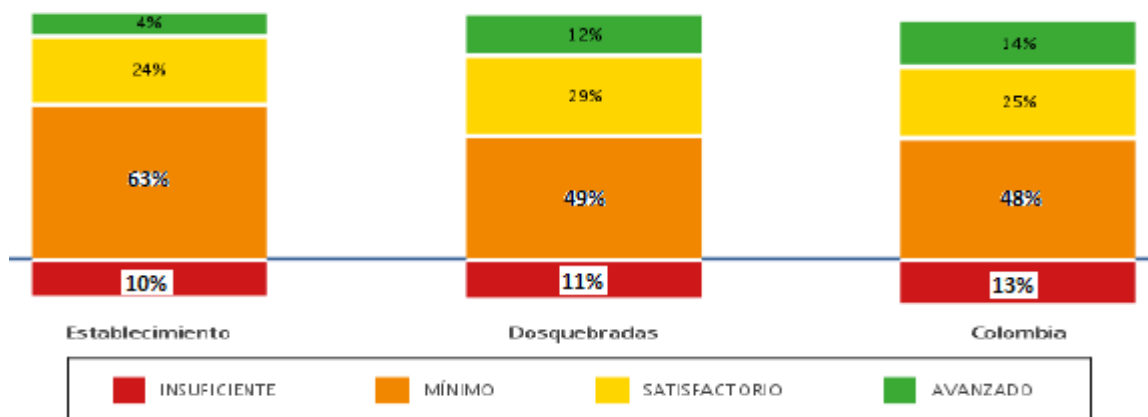
Por otro lado, el desarrollo de la capacidad para resolver problemas por parte del alumnado se ve limitada, debido a que los problemas que se suelen usar en el aula, en vez de ayudar a la construcción del conocimiento, se caracterizan por la mecanización de procedimientos, exceso de operativismo, tratamiento superficial y ausencia de análisis de los resultados (García, 2003). Adicional a esto, los problemas que se plantean no son auténticos, es decir, no se sitúan en un contexto próximo al alumnado, lo que deriva en desmotivación para que ellos accedan fácilmente a los procesos de resolución de problemas, como consecuencia de esto, los estudiantes no practican actividades cognitivas como identificar, comparar y relacionar datos o variables para elaborar conclusiones que en últimas se constituyen en la posible solución del problema.

Así mismo, el contexto educativo internacional, nacional, regional y local presenta una problemática muy similar en función del desarrollo de competencias, (habilidades, conocimientos y aptitudes) mediante el cumplimiento de los estándares básicos propuestos por el Ministerio de Educación Nacional. Lo anterior, posiblemente se deba a la falta de orientaciones, lineamientos y profundas transformaciones en los proyectos y prácticas educativas. Esta realidad se puede evidenciar a través de los resultados de las pruebas PISA presentados en el Resumen Ejecutivo Colombia en Pisa 2015, donde los promedios obtenidos por los estudiantes en las tres áreas fundamentales están por debajo de la media, respecto a los

resultados de la OCDE, haciendo que Colombia ocupara la posición 55 en lectura, 58 en ciencias y 62 en matemáticas entre los 72 países participantes.

De igual forma se encuentra que los resultados obtenidos por los alumnos en las pruebas SABER 9° y 5° de ciencias naturales del año 2016, muestra puntajes en niveles de desempeño mínimos, teniendo en cuenta que la escala de valoración va de 100 a 500 puntos y el rango del nivel mínimo comprende puntajes en un intervalo de 233 a 321 puntos (ICFES, s.f). Además, los resultados específicos de los desempeños de los estudiantes en la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero mostrados en la figura 1, demuestran que solo el 24% de los alumnos de grado 5° alcanza el nivel satisfactorio y el 73% quedan relegados en los desempeños insuficiente y mínimo, esta situación se agudiza en el grado 9°, pues solo el 18% de los alumnos alcanza el nivel satisfactorio y el 79% ocupa los desempeños inferiores. Obsérvese que tanto a nivel local como nacional los porcentajes en niveles de desempeño satisfactorio y avanzado de ambos grados son mejores que el establecimiento.

Porcentaje de estudiantes por niveles de desempeño en el establecimiento educativo, la entidad territorial certificada (ETC) correspondiente y el país. ciencias naturales – grado quinto



Porcentaje de estudiantes por niveles de desempeño en el establecimiento educativo, la entidad territorial certificada (ETC) correspondiente y el país. ciencias naturales – grado noveno

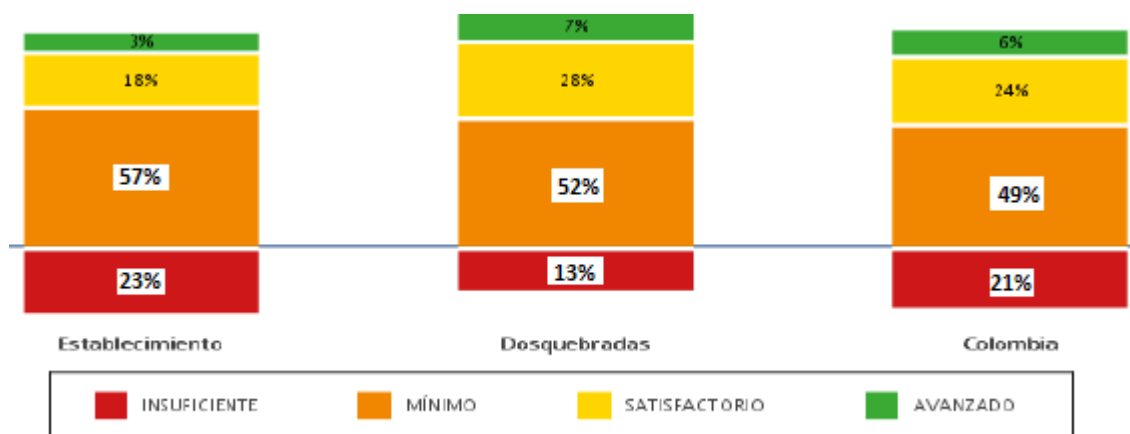


Figura 1. Comparativo nacional, local e institucional del porcentaje de estudiantes ubicados por nivel de desempeño en el área de ciencias naturales, grados 5° y 9°. Fuente: recuperado de Icfesinteractivo, s.f.

Así pues, el conjunto de datos recopilados líneas arriba sugiere grandes vacíos en cuanto al desarrollo de las competencias por parte de los estudiantes, que demuestran debilidades al momento de plantear y resolver problemas, comunicar de forma verbal y escrita sus ideas, usar comprensivamente el conocimiento científico, explicar fenómenos naturales y relacionar los componentes de Ciencia, Tecnología y Sociedad (ICFES, s.f., resultados prueba SABER, 2016), destrezas que están estrechamente relacionadas con las habilidades de pensamiento, como la resolución de problemas y la argumentación.

Pese a lo anterior, bajo los actuales enfoques cognitivos del aprendizaje, es posible y necesario el desarrollo de estas habilidades de pensamiento si se enseñan de forma explícita y bajo un enfoque de *aprendizaje profundo* sobre dominios específicos del conocimiento, cuyo objetivo, entre otros (metacognición e integración de conocimientos declarativos y procedimentales), es el aprendizaje de destrezas de profundización y extensión del conocimiento como la resolución de problemas y la argumentación (Valenzuela, 2007 y Báez & Onrubia, 2015). En este orden de ideas, estos procesos mentales pueden ser modificables de forma explícita mediante intervenciones didácticas cuidadosa e intencionalmente planificadas, las cuales se pueden implementar a través de secuencias o unidades didácticas siguiendo un ciclo de aprendizaje constructivista (Beas, et al., 2003 y Sanmartín, 2002).

Hasta este punto queda claro que esta investigación se enmarca desde la DCN, pretendiendo dar una posible solución a una necesidad de aprendizaje dentro del aula, haciendo uso de una herramienta como la secuencia didáctica, sin embargo, quedaría incompleta si la renovación metodológica propuesta que incida sobre el cambio de las prácticas pedagógicas, no tiene en cuenta una ambientalización del currículo escolar para educar desde y para el ambiente (Gaudiano, 2012), y así poder cumplir realmente con los fines de la educación (ley 115, 1994, art. 5).

A este respecto, desde la experiencia del maestro investigador de esta propuesta, la educación básica secundaria está en deuda, debido a que desde el currículo institucional, el área de ciencias naturales y educación ambiental divide estos dos campos disciplinares y los aborda como asignaturas independientes donde se desarrollan contenidos discretos, haciendo que pierdan su carácter transversal, en vez de tener en cuenta que, la dimensión ambiental puede ser un eje articulador para la enseñanza de las ciencias naturales.

Una forma de saldar esta deuda está encaminada a la construcción de secuencias didácticas que problematicen las situaciones ambientales, particularmente en el contexto de la demanda, el ahorro y uso eficiente del agua (Rivarosa & Perales, 2006). No obstante, esta alternativa no está exenta de dificultades, algunas de las cuales según Álvarez y Rivarosa (2000) se manifiestan en los siguientes aspectos:

- Los contenidos escolares (conceptuales, procedimentales y actitudinales) no se formulan como si fueran problemáticas ambientales.
- Aunque es frecuente que se anuncien contenidos actitudinales no se les suele conceder el importante papel que desempeñan en las problemáticas ambientales.

- Los problemas abordados no se contextualizan, con la realidad cotidiana, vivencial, experiencial y de interés para el alumno, es decir, no se abordan problemas auténticos.
- Incluir diferentes estrategias metodológicas y con enfoque multicausal, articulando conocimientos múltiples con variados procedimientos de búsqueda, de confrontación y de argumentación.
- Plantear secuencias didácticas que atiendan a una actividad cognitiva profunda (aprendizaje profundo) y comprometida con un pensamiento para la acción con sentido.
- Pensar en educar en lo ambiental desde un modelo de cooperación y de participación solidaria con otros sujetos sociales.

Ante este panorama, surge la necesidad de transformar las acciones de enseñanza, profundizar en el aprendizaje y desarrollar habilidades de pensamiento bajo un proceso de ambientalización curricular que considere la dimensión ambiental, en particular la resolución de problemas ambientales, como eje articulador para la enseñanza de las ciencias.

1.2 Contexto

1.2.1 Contexto extraescolar

El uso eficiente del agua es crucial para garantizar la sustentabilidad del recurso hídrico, considerándolo como un “recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente” (Declaración sobre el Agua y Desarrollo Sostenible, Dublín, 1992 citado por Tortajada, C., 2003), y cuya gestión y aprovechamiento debe inspirarse en la participación de los usuarios y prestadores del servicio. En este sentido y como lo proponen Silva, Erazo y Cruz, (2012) “El planteamiento de estrategias de uso eficiente y ahorro de agua se encuentra en función del uso de tecnologías y las prácticas de conducta o comportamiento social”. Entre las alternativas existentes se encuentra el uso de tecnologías de bajo consumo, reducción de pérdidas por fugas y educación ambiental a través de programas docentes y la promoción de campañas educativas sobre conductas de ahorro adecuadas (Ley 373, 1997).

Bajo este panorama, el PEI¹ de la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero del municipio de Dosquebradas (IEANC), plantea en su política de calidad una misión y una visión que tienen total coincidencia con los lineamientos curriculares del MEN y los fines de la educación, de conformidad con el artículo 67 de la Constitución Política en cuanto al desarrollo de la capacidad crítica y reflexiva, acceso al conocimiento, ciencia y técnica, y la adquisición de conciencia para preservar el medio ambiente (ley 115, 1994, art. 5). Es de esta manera como las directivas han incluido en la red de procesos de calidad (versión 2017) en lo concerniente a la Gestión Comunitaria, el proceso de gestionar el bienestar y el cuidado institucional mediante una de sus líneas de acción, como es el uso de tecnologías y campañas educativas para el uso eficiente y ahorro del agua, con el fin de dar respuesta y solución a los altos niveles presentados en el consumo, evidenciados en la factura de servicios públicos, los cuales superaron los 3500

¹ Proyecto Educativo Institucional.

m³ durante el año 2016; esto representa en promedio 293 m³/mes, demanda equivalente al consumo de 20 familias (suscriptores) en el mismo periodo de tiempo.

De esta iniciativa y asumiendo el enfoque proyectual de la institución, los docentes del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental formularon el proyecto institucional: “ahorro y uso eficiente del agua”; línea de acción complementaria al PRAE del colegio.

Es así, como esta propuesta pedagógica abre el camino para realizar una investigación en el ámbito de las Ciencias Ambientales, y abordar la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales en el aula de clases, mediante el desarrollo de una intervención didáctica que parte de un problema relevante (¿cómo ahorrar y usar eficientemente el agua en la institución educativa usando el conocimiento científico y tecnologías de bajo consumo en una unidad sanitaria?) desde las situaciones cotidianas del alumno y las situaciones medioambientales que afectan a toda la comunidad.

Por tanto, se puede mostrar a los estudiantes que la Escuela no está separada del ambiente ni de la sociedad, y de esta manera, dotar de significado al aprendizaje profundo del concepto *volumen de líquido desplazado*. Así, los conceptos científicos pueden ser abordados, no como una unidad más del currículo, sino como un saber pertinente y subsidiario, desarrollado a través de la resolución de problemas que faciliten a los estudiantes la formulación de propuestas de alivio a la problemática de demanda de agua que presenta la comunidad educativa.

1.2.2 Contexto intraescolar

La IEANC se encuentra ubicada en el barrio Santiago Londoño de la Comuna 2 del municipio de Dosquebradas, departamento de Risaralda. Es una Institución pública, mixta y académica que atiende a una población de diferentes sectores urbano y rural, entre los cuales se encuentran todos los barrios de la Vereda Frailes y las Veredas Alto del Oso y Alto del Toro; con una estratificación social uno y dos.

La misión de la institución esta encaminada a la formación integral de niños(as), adolescentes y adultos ofreciendo el servicio educativo en los niveles de preescolar, básica y educación media, bajo un enfoque pedagógico de aprendizaje autónomo, en el marco de los principios de la paz, el trabajo en equipo, el liderazgo, el conocimiento, empleando métodos de enseñanza flexibles. Así mismo, en el aspecto misional, el plantel proyecta que para el 2020 formará integralmente personas autónomas que sean competentes en emplear los saberes para: acercarse al pensamiento crítico y científico, ser responsables, respetuosas, tolerantes con la familia, la sociedad, el medio ambiente y dedicar su máximo esfuerzo a generar obras creadoras y la sana convivencia.

Por otro lado, debido al historial deficiente de resultados en las pruebas saber obtenido en los últimos años en las áreas de lenguaje, matemáticas y ciencias naturales, la institución

viene desarrollando acciones pedagógicas de mejoramiento para promover la argumentación y la resolución de problemas en los estudiantes.

1.3 Objetivo general

Evaluar los aportes de la implementación de una secuencia didáctica, basada en la resolución de problemas ambientales en el marco del ahorro y uso eficiente del agua, para promover aprendizajes profundos en los estudiantes del grado sexto de la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero.

1.3.1 Objetivos específicos

1.3.1.1 Objetivo 1: Caracterizar niveles de aprendizaje profundo.

Caracterizar los niveles de aprendizaje profundo de los estudiantes sobre el concepto de *volumen de líquido desplazado* durante (antes y después) el proceso de intervención didáctica.

1.3.1.2 Objetivo 2: Diseñar y aplicar una secuencia didáctica.

Aplicar una secuencia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje profundo del concepto de volumen de líquido desplazado, diseñada con base en un modelo para la resolución de problemas ambientales en el marco del ahorro y uso eficiente del agua.

1.3.1.3 Objetivo 3: Eficacia de la intervención didáctica.

Analizar las contribuciones de la secuencia didáctica al aprendizaje profundo del concepto *volumen de líquido desplazado* en sus dimensiones: argumentación y resolución de problemas.

1.4 Pregunta de investigación

La pretensión del presente trabajo de grado está encaminada a transformar la enseñanza, profundizar en el aprendizaje y desarrollar habilidades de pensamiento en los estudiantes como la argumentación y la resolución de problemas, bajo un proceso de ambientalización curricular escolar que considere la dimensión ambiental como eje articulador para la enseñanza de las ciencias, objetivo que según los referentes teóricos se puede lograr mediante intervenciones didácticas cuidadosa e intencionalmente planificadas.

Por lo anterior, cabe preguntarse: ¿Qué aporta la implementación de una secuencia didáctica, basada en la resolución de problemas ambientales en el marco del ahorro y uso eficiente del agua, al aprendizaje profundo del concepto de volumen de líquido desplazado en los estudiantes?

Capítulo 2. Marco teórico

Este trabajo se centrará fundamentalmente en los siguientes aspectos teóricos generales. En primer lugar, se describen las relaciones entre el aprendizaje profundo (Beas et al., 2003), la resolución de problemas (García, 2003 y 2011) y la argumentación científica (Jiménez, 2010) como constituyentes del desarrollo de pensamiento crítico, en segundo lugar, se propone una forma de enseñanza de las ciencias bajo el enfoque de aprendizaje profundo como punto de encuentro entre las Ciencias Ambientales y Ciencias Naturales, en tercer lugar, se aborda el diseño de unidades didácticas (Sanmartí, 2002 y 2005) con enfoque constructivista para la creación de espacios de aprendizaje y en último lugar, se plantea la inclusión de conceptos científicos estructurantes que favorezcan la renovación y ambientalización curricular.

2.1 Relaciones entre aprendizaje profundo, resolución de problemas y argumentación

Para un acercamiento sobre el concepto de aprendizaje profundo, es necesario diferenciarlo del conocimiento reproductivo en el sentido que no es lo mismo conocer que comprender profundamente² (Perkins y Bythe, 1994), es decir, conocer permite la reproducción de la información memorizada o la ejecución de procedimientos, sin embargo, la comprensión profunda va más allá del conocimiento.

Considerando esta acotación, Beas et al. (2003) define que el aprendizaje profundo implica el dominio, la transformación y el uso de un conocimiento para resolver problemas reales; en este sentido, se encuentra estrecha relación entre la resolución de problemas y el aprendizaje profundo, al incorporar el análisis crítico de nuevas ideas que se integran a los conocimientos previos a través de dinámicas de profundización y extensión del conocimiento (Valenzuela, 2007 y Marzano y Gutiérrez, 2006), favoreciendo su aprehensión y retención a largo plazo, de manera que estos nuevos conocimientos, pueden luego, ser usados en la solución de problemas en contextos diferentes.

Así mismo, la resolución de problemas reales haciendo uso de aprendizajes profundos, favorece la evolución conceptual y el desarrollo de destrezas cognitivas que aportan a la formación del pensamiento de buena calidad³, de esta forma los aprendizajes pueden ir adquiriendo diferentes niveles de profundidad, empezando por la simple reproducción de la información, pasando por realizar operaciones mentales sobre un contenido usando la información dada y terminando con la capacidad de reelaboración personal a partir de la información disponible (Valenzuela, 2007).

² La comprensión profunda implica **profundizar y extender** el conocimiento. Se profundiza identificando los temas relacionados al interior de la disciplina y se amplía estableciendo las conexiones con otras disciplinas y con la vida diaria. La profundización lleva a la experticia en una temática y, en cambio, la extensión permite relacionar el conocimiento con el resto de la cultura, haciéndolo cada vez más significativo para las personas (Beas et al, 2003, p. 25).

³ El pensamiento de buena calidad implica un pensamiento crítico, creativo y metacognitivo (Valenzuela, 2007).

En concordancia a lo expuesto, García & Romero (2014) plantean que el aprendizaje profundo se compone de las siguientes características: En primer lugar, es un aprendizaje donde se resuelven problemas auténticos (reales), estos deben ser significativos y cercanos al alumno, que no tengan una resolución inmediata y presenten múltiples caminos para llegar a su solución (problemas abiertos), favoreciendo el desarrollo de competencias científicas⁴. En segundo lugar, es un aprendizaje autónomo (autotético) que conlleva a procesos de motivación y autorregulación metacognitiva, esta última habilidad comprende la evaluación, monitoreo y planificación del proceso de aprendizaje (Flavell, 1979), de esta forma la motivación se hace intrínseca, guiada por el interés personal, curiosidad, placer y deseo de aprender sin esperar nada a cambio. En tercer lugar, es un aprendizaje donde el estudiante adquiere un uso adecuado del lenguaje, demostrando dominio del tema y mejoría en sus capacidades cognitivo-lingüísticas como la explicación, la justificación y la argumentación.

Esto último sugiere estrechas relaciones entre el aprendizaje profundo y los procesos argumentativos o de construcción de fundamentos, en este sentido, Ramírez y Tamayo (2011) proponen que bajo el enfoque profundo de los aprendizajes se requiere que los aprendices evalúen sus nuevas ideas y las relacionen con sus conclusiones, además, que comprendan los procesos dialógicos de generación del conocimiento para evaluar la lógica de los procesos argumentativos.

A su vez, dentro de los elementos que caracterizan el aprendizaje profundo, cabe la pena explicar, en primer lugar, lo que se entiende por el dominio específico de un conocimiento (tópico) y, en segundo lugar, qué se entiende por transformar ese conocimiento.

Respecto al primer aspecto, el dominio de un tópico, es decir, el dominio conceptual de una temática, puede ser evaluado a partir de la forma en que se integra el conocimiento (común, factual y científico) a la estructura de un argumento a través de la ejecución de operaciones mentales como explicar, justificar, mostrar evidencias, usar las pruebas disponibles, establecer analogías, representar ese conocimiento de diferentes formas y usarlo para resolver problemas de la vida cotidiana (Beas et al., 2003 & Jiménez, 2010).

En relación con el segundo aspecto, transformar ese conocimiento implica la evolución conceptual desde los modelos explicativos iniciales del alumno a los modelos explicativos de la ciencia, en otras palabras, pasar del uso de un lenguaje personal e impreciso, propio de las experiencias cotidianas y el saber intuitivo, a ser capaces de utilizar el saber de las ciencias (Bravo, Pesa & Pozo, 2012). Este último elemento puede ser evaluado mediante la forma en que los estudiantes usan el conocimiento cotidiano, factual o científico para elaborar justificaciones y resolver problemas.

En síntesis, el aprendizaje profundo sobre un tema requiere del desarrollo de destrezas intelectuales como la argumentación y la resolución de problemas, siendo precisamente estas

⁴ Desde el enfoque por competencias del MEN las competencias científicas en ciencias naturales son: la indagación, el uso comprensivo del conocimiento científico y la explicación de fenómenos.

habilidades del pensamiento las que deben desarrollarse a través de intervenciones de aula y estar disponibles para procesar los contenidos curriculares y profundizar en el conocimiento.

2.2 Resolución de problemas en el campo de la enseñanza de las ciencias

Respecto a la resolución de problemas, se encuentra un desarrollo histórico y epistemológico sobre el tema; autores como Dewey, 1910; Polya, 1945 y Schoenfeld, 1985 desde la didáctica de las matemáticas y Kempa, 1986; Perales, 2010; García, 2003 y 2011, desde la didáctica de las ciencias, ponen en común varias teorías que han aportado a las líneas de investigación en educación.

Sin embargo, se debe precisar que la resolución de problemas abordados en esta investigación se enfoca en los planteamientos de la enseñanza de las ciencias desde dos perspectivas, “la primera que concibe la ciencia como el instrumento para desarrollar la capacidad de resolver problemas en los individuos, y la segunda que concibe el proceso de resolución de problemas como una herramienta útil para que los individuos aprendan ciencia” (García, 2003, p.33). Estos planteamientos permiten hacer una conceptualización del tema y entender el proceso de resolver problemas, de un lado, como una capacidad, y del otro, como un modelo metodológico y didáctico. En este orden de ideas, García (2003) establece un problema como:

....una situación que presenta una oportunidad de poner en juego los esquemas cognitivos, que exige una solución que aún no se tiene y en la cual se deben hallar interrelaciones expresas y tácitas entre variables, búsqueda que implica la reflexión, el cuestionamiento de ideas y la construcción de nuevos modelos mentales, es decir, la elaboración de nuevas explicaciones que constituyen la solución del problema (p.45).

De acuerdo con esto, el autor plantea el problema como una estrategia didáctica, pues es necesario diseñar situaciones de enseñanza que demanden la comprensión y reflexión del problema para que el estudiante investigue, indague e interactúe con el contexto; además de propiciar el desarrollo de aptitudes, habilidades e intereses, autonomía, responsabilidad y sentido crítico para resolver problemas por sí mismo. Desde esta óptica, la búsqueda de la solución (la resolución), no necesariamente conlleva a obtener un resultado, es más, en el contexto escolar el resultado importa poco como proceso de aprendizaje, aunque sí lo hace el propio proceso de resolución (Dumas & Carré, 1987; cit. por Perales, 1993).

En esta misma lógica, Polya (1982) considera que la resolución de problemas consiste tanto en un proceso de aprendizaje como en un objetivo en sí mismo para el desarrollo de capacidades cognitivas a través de la aplicación de ciertas heurísticas, esta inferencia puede ser tomada en cuenta al momento de determinar los niveles de resolución de problemas de los estudiantes tomando como referente los pasos que el autor plantea en la resolución de problemas⁵; no obstante, Schoenfeld (1985) considera insuficientes las estrategias planteadas

⁵ Polya (1945) en su libro *cómo plantear y resolver problemas* plantea cuatro pasos para resolver un problema, entre ellos se encuentran: **Paso 1: Entender el Problema.** ¿Entiendes todo lo que dice? ¿Puedes replantear el problema en tus propias palabras? ¿Distingues cuáles son los datos? **Paso2: Configurar un Plan.**

por Polya, puesto que el proceso es más complejo e incluye otras dimensiones de carácter emocional-afectivo, psicológico y sociocultural, por tanto, establece cuatro aspectos que intervienen en el proceso de resolución: los recursos (conocimientos previos o el dominio del conocimiento), las heurísticas (estrategias cognitivas), el control (estrategias metacognitivas) y el sistema de creencias sociales tanto de los alumnos como de los profesores (Tamayo, 2014). Estos planteamientos sugieren una relación más estrecha con el enfoque de aprendizaje profundo de los estudiantes propuesto en líneas arriba.

Así, la postura abordada desde Schoenfeld (1985) plantea los siguientes pasos para resolver un problema: primero, **análisis y comprensión del problema** haciendo uso de diagramas, dibujos, gráficos, semejanzas con otros problemas, esquemas y narraciones, segundo, **diseño y planificación** teniendo en cuenta los procesos de regulación y conocimiento metacognitivo, tercero, **exploración de diversas rutas** de solución considerando pequeñas y grandes modificaciones del problema original y por último, **verificar la solución** explorando nuevos caminos para encontrar la solución.

Pese a que estas posturas fueron planteadas desde el campo específico de la didáctica de las matemáticas, han sido la base conceptual de nuevas investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias, de manera que, en relación a las propuestas para la enseñanza de la resolución de problemas, puede decirse que todas ellas contienen expresadas de una u otra forma las cuatro fases utilizadas por Polya y Schoenfeld: comprensión del problema, concepción de un plan, ejecución del mismo y visión retrospectiva o revisión de resultados (Jiménez et al, 2009).

En este sentido, la didáctica de las ciencias propone el abordaje de problemas abiertos en los que el conocimiento conceptual (científico) tiene un peso mayor que el de la aplicación de fórmulas cuantitativas, donde las preguntas planteadas inciden más en los procesos de indagación, uso del conocimiento, elaboración de hipótesis y análisis de datos. “En ellas aparece un mayor número de materiales que toman como referente metodológico el uso de problemas auténticos centrados en el contexto del estudiante” (Jiménez et al, 2009, p.82).

Así mismo, García (2011) plantea que la resolución de problemas es una actividad de orden superior que implica el uso significativo del conocimiento y un grupo de habilidades cognitivas por quien resuelve el problema, en virtud de ello, para efectos de esta investigación y con el fin de operacionalizar la variable en cuestión desde el enfoque de aprendizaje profundo (resolución de problemas) las habilidades a considerar según García (2003) son: el análisis, la síntesis y la transferencia de conocimiento (anexo1).

Teniendo en cuenta todo esto, desde la perspectiva de García (1998), (2003) y (2011), estas habilidades usadas para resolver problemas pueden ser enseñables y por lo tanto

¿Cuántas variables hacen parte del problema? Hacer una lista. Resolver un problema equivalente. **Paso 3: Ejecutar el Plan.** Implementar la o las estrategias que escogiste hasta solucionar completamente el problema o hasta que la misma acción te sugiera tomar un nuevo curso, concédete un tiempo razonable para resolver el problema. **Paso 4: Mirar hacia atrás.** ¿Es tu solución correcta? ¿Tu respuesta satisface lo establecido en el problema? ¿Adviertes una solución más sencilla? ¿Puedes ver cómo extender tu solución a un caso general? (Tamayo, 2015, p. 125).

evaluables a través del diseño de un heurístico⁶ (anexo 2) que implica la construcción y presentación de un método general cuyo objetivo es conducir al alumno en el proceso de la resolución de problemas, en otras palabras, es una forma de enseñar explícitamente habilidades del pensamiento para resolver problemas.

Por último, es necesario tener en cuenta que un problema existe “para alguien” si cumple las siguientes condiciones: “que haya una cuestión por resolver, que la persona a la que se le presenta la situación esté motivada para buscar la solución y que no tenga una estrategia inmediata de resolución” (Jiménez et al., 2009, p.76). Lo anterior es relevante al momento de diseñar y escoger las situaciones problemáticas presentadas al alumnado.

2.2.1 Resolución de problemas ambientales

Dentro del ámbito de la didáctica de las ciencias, la resolución de problemas ambientales hace parte de las líneas conocidas como metodología por investigación o investigación del medio en general (Gil, 1993 y Cañal et al., 1981). Estos enfoques han venido evolucionando a través de los últimos años, abordando la complejidad de las problemáticas ambientales bajo una postura constructivista del aprendizaje (García, 2004).

Esta clase de problemas es diferente a los que se resuelven habitualmente en la clase de ciencias, debido a su carácter abierto que amerita múltiples soluciones, superando el planteamiento de los problemas tradicionales en los que la linealidad está rigurosamente programada por el profesorado.

En este orden de ideas, vale la pena citar algunas características de los problemas ambientales según Rivarosa y Perales (2006):

- La resolución de los problemas ambientales puede constituir un fin en sí mismo, es decir, convertirse en un objeto de aprendizaje, o en un medio para la consecución de otros conocimientos.
- Los problemas ambientales no poseen una solución única que sea del todo satisfactoria.
- Son problemas complejos, abiertos, cambiantes, que precisan de reflexión y de investigación, poniendo en juego la inventiva y la creatividad, actitudes imprescindibles para hacer frente a una realidad llena de incertidumbres.
- Para resolverlos se hace necesario contar con el conocimiento cotidiano, pero también con el conocimiento científico. En cuanto al primero, porque los problemas surgen de la experiencia diaria; por lo que se refiere al segundo, porque entra en juego a partir de la complejidad de dichos problemas, lo que hace inevitable recurrir a formas de conocimiento más sofisticadas. No obstante, el conocimiento científico tradicional no

⁶ Un heurístico general está compuesto por procesos problemáticos secuenciales que se dan en el acometimiento del mismo y estos, a su vez, son llevados a cabo con la ayuda de las herramientas heurísticas que son instrumentos técnicos para facilitar la resolución del problema a través de las transformaciones de sus entidades en otras (García, 1998, p.162-163).

suele bastar por el carácter complejo, interdisciplinar y global de los problemas ambientales.

- Los problemas hacen referencia a ámbitos muy diversos de la actividad humana (salud, consumo, ambiente, desigualdades sociales, etc.), por lo que requieren un planteamiento curricular no disciplinar que los considere como ejes organizadores del currículo.
- Son problemas significativos y funcionales para la vida presente y futura de las personas, lo que implica que deben conectar con los intereses y con las preocupaciones de los alumnos, de modo que cobren sentido para ellos, que sean aplicables a la vida cotidiana, y que movilicen contenidos culturales socialmente relevantes.
- Poseen una importancia esencial en el contexto escolar, dado que se consideran de modo muy superficial en otros ámbitos educativos informales (p. ej. en la familia o en los medios de comunicación), por lo que el sistema educativo parece ser la única alternativa actual para reflexionar de manera crítica sobre ellos.

2.3 Argumentación en ciencias y sus componentes

Uno de los propósitos centrales de la enseñanza de las ciencias es la formación del pensamiento crítico, este a su vez, hace referencia, entre otras, a un conjunto de actividades cognitivas como la argumentación, capacidad que desde el enfoque de aprendizaje profundo puede ser desarrollada de forma explícita a través de intervenciones didácticas previamente planificadas, de este modo, “la argumentación contribuye a competencias básicas y objetivos generales de la educación como aprender a aprender, desarrollar el pensamiento crítico y la cultura científica” (Jiménez, 2010, p.6).

Así mismo, Sanmartí (2002) refiere que uno de los propósitos de enseñar ciencia es “asegurarse de que los estudiantes reconocen el valor de los argumentos racionales y del uso de la evidencia” (p.61), es decir, aprender a evaluar las propias ideas y conclusiones, a buscar las pruebas pertinentes y a utilizarlas en la construcción de argumentos. Además, aprender ciencia se puede considerar como explicar cierto tipo de historias llenas de conocimiento, y refinarlas en función de la necesidad de expresar con mayor precisión las ideas (conceptos), aunque su aprendizaje no es el fin en sí mismo, el fin es ser competentes en contar historias convincentes (Sanmartí, 2002), en otras palabras, construir modelos explicativos coherentes con los de la ciencia a través de procesos dialógicos argumentativos.

Desde esta óptica, acerca de los significados de la argumentación, se distinguen dos tipos, de un lado, argumentos retóricos persuasivos que buscan convencer al público, y de otro, argumentos dialógicos racionales que someten a evaluación diferentes alternativas (Driver y Newton, 1997). Estos autores consideran que los argumentos de tipo dialógico-racional suministran mejores oportunidades para que los estudiantes elaboren los suyos, y se adecuan de mejor manera a la forma en que se edifica el conocimiento en ciencias.

Bajo estos supuestos, los referentes teóricos a considerar en esta investigación parten de los planteamientos hechos por Beas et al. (2003) quien bajo el modelo de aprendizaje profundo considera la argumentación como una destreza de profundización del conocimiento,

encaminada a construir un sistema de pruebas para apoyar una idea, y los planteados por Jiménez (2010) quien piensa que argumentar es “ser capaz de evaluar los enunciados en base a pruebas, es decir, reconocer que las conclusiones y los enunciados científicos deben estar justificados, en otras palabras, sustentados en pruebas” (p.12). Esta última definición tiene de forma explícita e implícita las destrezas que se deben desarrollar para poder construir un buen argumento, de acuerdo con esto, para efectos de la presente investigación y con el propósito de operacionalizar la variable (argumentación) desde el enfoque de aprendizaje profundo, los componentes a considerar según Jiménez (2010) son: el uso de pruebas, las justificaciones, el conocimiento (Empírico, factual y científico) y las conclusiones. (anexo1)

Argumentar en ciencias permite entonces, valorar los conocimientos a la luz de las pruebas disponibles, superando con creces los argumentos basados en la autoridad de otras personas y los libros, además, es una herramienta que permite profundizar y flexibilizar el conocimiento ya que, cuando quien argumenta ve la necesidad de demostrar las evidencias que soportan sus fundamentos, tiene que acudir a información que se las otorgue, pudiendo cambiar su punto de vista al descubrir que las propias ideas tienen limitaciones, generándose así la necesidad de abrirse a nuevas formas de pensar y reconocer otros argumentos.

2.4 Aprendizaje profundo, punto de encuentro entre dos ciencias

Hasta el momento se ha planteado la necesidad de una renovación metodológica en la práctica pedagógica de los maestros, encaminada a desarrollar habilidades de pensamiento en los estudiantes como la resolución de problemas y la argumentación para promover pensamiento crítico (objetivo fundamental de la DCN), con el fin de fomentar competencias científicas que en últimas aporten a los fines de la educación, además de concebir estos procesos educativos bajo una ambientalización del currículo que se ocupe de la complejidad de los problemas sociales y ambientales actuales, en otras palabras, proponer una nueva didáctica que aporte a la alfabetización científica y encuentre un diálogo de saberes entre las Ciencias Naturales y las Ciencias Ambientales.

En conformidad con lo expuesto, las Ciencias Ambientales como disciplina que se ocupa de la relación sociedad-medio ambiente mediada por la cultura, propone una pedagogía ambiental⁷ enfocada en las relaciones entre la educación y el ambiente (Jiménez et al., 2015) que necesariamente requiere del desarrollo complementario de pensamiento crítico (científico) y pensamiento complejo (sistémico)⁸ a través de una didáctica que asuma la complejidad,

⁷ La pedagogía ambiental sería una pedagogía que, apueste a la sustentabilidad del desarrollo, no tenido como fin último el perfeccionamiento humano sino la formación de ciudadanos ambientalmente responsables.

⁸ De acuerdo con los planteamientos de Morin (2002), el pensamiento complejo remite al principio sistémico que relaciona el conocimiento de las partes con el conocimiento del todo y viceversa, y al principio hologramático que considera que en toda organización compleja no solo la parte está en el todo sino también el todo está en la parte. (p. 28)

promueva el desarrollo sustentable⁹ y ayude a salir del estado desarticulado y fragmentado del saber propuesto por el currículo contemporáneo (Morin et al., 2002).

Estas metas están lejos de cumplirse bajo las formas de enseñanza tradicionales propuestas a través de los planes de asignatura que se enfocan en la enseñanza de la ciencia clásica, sin embargo, nuevas propuestas curriculares han empezado a debatir si es ésta la ciencia a enseñar. Así mismo, esta discusión aparece en el momento de abordar la dimensión ambiental a través de los programas de educación ambiental en los establecimientos escolares, debido a la naturaleza de las problemáticas ambientales que requieren acercamientos complejos.

Los planteamientos expuestos sugieren entonces, situarse en el campo de la DCN y proponer contenidos curriculares que relacionen la ciencia clásica con la nueva ciencia, tomando como punto de partida la comprensión de los problemas ambientales actuales bajo enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios. Adicional a esto, Sanmartí (2002) sostiene que hay que abordar una enseñanza que en vez de valorar la importancia de la ciencia clásica o de la ciencia ambiental de forma separada por su finalidad, se ocupe de relacionarlas para que a través de ellas se puedan construir los conceptos y grandes ideas de la ciencia.

Es así, como el enfoque de aprendizaje profundo puede aportar a nuevos campos de investigación en pedagogía ambiental, debido a que este se centra en transformar y dominar los conceptos de la ciencia bajo la premisa de que, haciendo uso de estos, se pueden resolver problemas reales y contextualizados en la dimensión ambiental. En otros términos, en la clase de ciencias se podrían abordar temáticas transversales como el cambio climático o el ahorro y uso eficiente del agua para aprender los conceptos de la ciencia, estos a su vez, bajo el enfoque de aprendizaje profundo pueden ser usados por los estudiantes para proponer alternativas de solución a las problemáticas ambientales planteadas en estos ejes trasversales.

2.5 Ciclo constructivista del aprendizaje, unidades y secuencias didácticas

Según Sanmartí (2005), la profesión de enseñar se concreta en el diseño de unidades didácticas, estas a su vez, están compuestas por un conjunto de secuencias didácticas, cada una de las cuales tiene un objetivo específico dentro de las fases del ciclo de aprendizaje constructivista, que incluye primero, actividades de exploración inicial, segundo, actividades de introducción y evolución de modelos, tercero, actividades de estructuración y síntesis y cuarto, actividades de aplicación y generalización, todas ellas movidas por el motor de la evaluación formativa y orientadas a un conjunto de acciones planificadas por el profesorado que tienen como finalidad promover el aprendizaje de los alumnos en relación a contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales (Sanmartí, 2002).

⁹ Se entiende por desarrollo sustentable, un desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin poner en peligro la capacidad de las personas futuras para satisfacer sus necesidades y escoger su propio estilo de vida.

En cuanto a la operacionalización de la variable independiente (secuencia didáctica), se tienen en cuenta entonces, las fases del ciclo de aprendizaje de acuerdo con los referentes teóricos (ver anexo 3), teniendo en cuenta los niveles de abstracción y complejidad de cada una de las actividades como se muestra en la figura 2.

Considerando lo anterior, la aplicación de la secuencia didáctica propende por la enseñanza y aprendizaje profundo del concepto “volumen de líquido desplazado”, adicional a esto, su diseño se basó en un modelo para la resolución de problemas ambientales (problemas abiertos) en el contexto del ahorro y uso eficiente del agua de acuerdo con lo planteado por García (2011), quien considera que el “uso de problemas abiertos es el punto de partida alrededor del cual se desarrolla el proceso de enseñanza aprendizaje en el aula. Así, es mediante el proceso de resolución de dichos problemas que los estudiantes aprenden los conocimientos conceptuales y procedimentales de la ciencia” (p. 137). En este sentido, indagar y resolver problemas alrededor del uso responsable del agua, posibilita el aprendizaje profundo del concepto volumen de líquido desplazado y los demás conceptos que lo estructuran como la masa, el volumen, la densidad, la capacidad, la impenetrabilidad y el principio de Arquímedes, para resolver y/o proponer alternativas de solución a problemas auténticos; en este caso, problemas ambientales derivados de la demanda de agua en la IEANC.

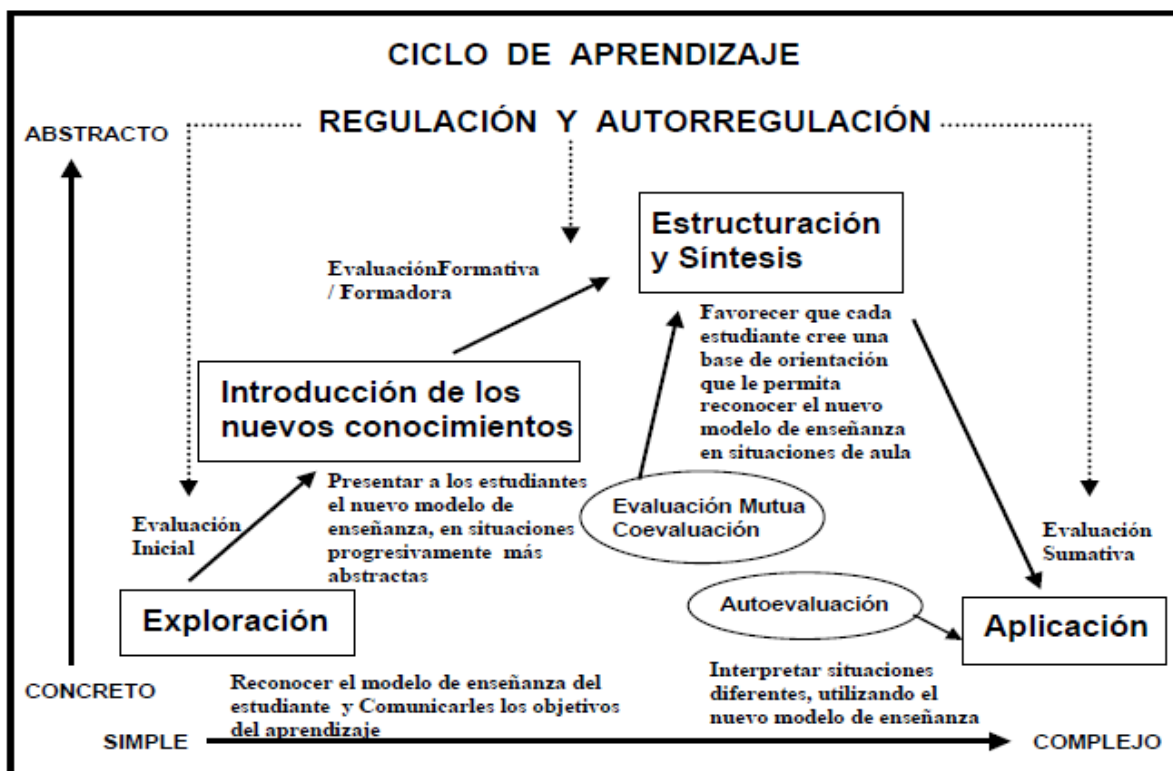


Figura 2. Tipos de actividades según su finalidad didáctica y niveles de abstracción y complejidad. Fuente: Tomado de Sanmartí (2002), p. 194

En definitiva, se aborda el diseño y aplicación de una secuencia didáctica articulada con la resolución de problemas ambientales del contexto intra y extraescolar, al rededor del ahorro y uso eficiente del agua, como modelo metodológico constructivista que permita la aproximación a propuestas de ambientalización curricular, donde se reconozca la problemática ambiental, sus agentes sociales, y la posibilidad de actuar para su resolución.

2.6 Pertinencia del concepto estructurante: volumen de líquido desplazado

Diseñar e implementar estrategias didácticas que incorporen la integralidad de conceptos científicos en situaciones cotidianas, con la finalidad de despertar motivación e interés por el aprendizaje de las ciencias en los estudiantes, implica repensar cuáles son los contenidos declarativos (hechos, datos, conceptos y principios) más pertinentes a desarrollar en la clase de ciencias, en consecuencia, avanzar en la búsqueda de nuevas formas de enseñanza mediante una visión integrada de las ciencias ambientales y naturales lleva consigo la reorganización del currículo en torno a conceptos estructurantes o metaconceptos (Veglia, 2007).

Así mismo, los metaconceptos son “conceptos más generales que los específicos de cada disciplina, y de mayor nivel de abstracción, comunes a distintas disciplinas del área e incluso a distintas áreas, y permiten, por esto, una visión más amplia de la realidad” (Ligouri, 2005, p.45-46). Al mismo tiempo, incorporar conceptos estructurantes tanto al diseño curricular como a la enseñanza de las ciencias ayudaría a superar la fragmentación profunda de la educación tradicional, a la vez que posibilitaría construir entramados conceptuales entre los saberes previos y la nueva información (Galfrascoli, 2017).

Por lo que se refiere a planteamientos en apartes anteriores sobre la renovación metodológica, ya no se trataría de un abordaje y transposición didáctica analítica de los contenidos, sino de una forma más global y sistémica de organizarlos, en la que los contenidos declarativos deberían ser enseñados bajo una trasposición didáctica holística, además, el empleo de metaconceptos supone puntos de encuentro entre los diferentes ámbitos del saber, acercando ideas, conceptos, procedimientos, valores y actitudes, lo cual los hace muy útiles para comprender la realidad (Galfrascoli, 2017).

Considerando lo anterior, el concepto *volumen de líquido desplazado* abordado desde el entorno físico en la clase de ciencias naturales, es un concepto estructurante que requiere relacionar otros conceptos como masa, peso, volumen, capacidad, impenetrabilidad y densidad, así mismo, en la enseñanza tradicional de la hidrostática este tópico cobra relevancia al ser uno de los hechos enunciados en el famoso principio de Arquímedes, sin embargo, estudios en didáctica de las ciencias experimentales demuestran que este principio se aprende a recitar de memoria por parte de los alumnos sin encontrar ningún significado y comprensión de lo que implica realmente (Mazzitelli et. al, 2006), haciendo que su aprendizaje presente dificultad para los estudiantes de secundaria (Melo et. al, 2016).

De igual modo, estos estudios concluyen que las principales dificultades de aprendizaje encontradas obedecen a las siguientes concepciones alternativas (o inadecuadas) de los estudiantes:

- Las nociones de masa y volumen aún no han sido completamente diferenciadas.
- El volumen de líquido desplazado por un cuerpo sumergido depende de la forma, la masa o la densidad del sólido, y no de su volumen.
- El volumen de líquido desplazado por un cuerpo depende de la profundidad a la que este se encuentre.
- El volumen de líquido desplazado depende de la cantidad de líquido (volumen) contenido en el recipiente en el que se sumerge el cuerpo.
- Un cuerpo sumergido en un líquido modifica algunas propiedades de este.

Por consiguiente, con el fin de proponer una red conceptual, la figura 3 presenta el concepto estructurante en cuestión como eje central dentro de las ciencias naturales, donde se pueden percibir algunas relaciones entre conceptos propios de la disciplina y otros provenientes de las ciencias ambientales, de igual modo, bajo el enfoque de aprendizaje profundo el concepto se puede relacionar con el desarrollo de habilidades argumentativas y de resolución de problemas.

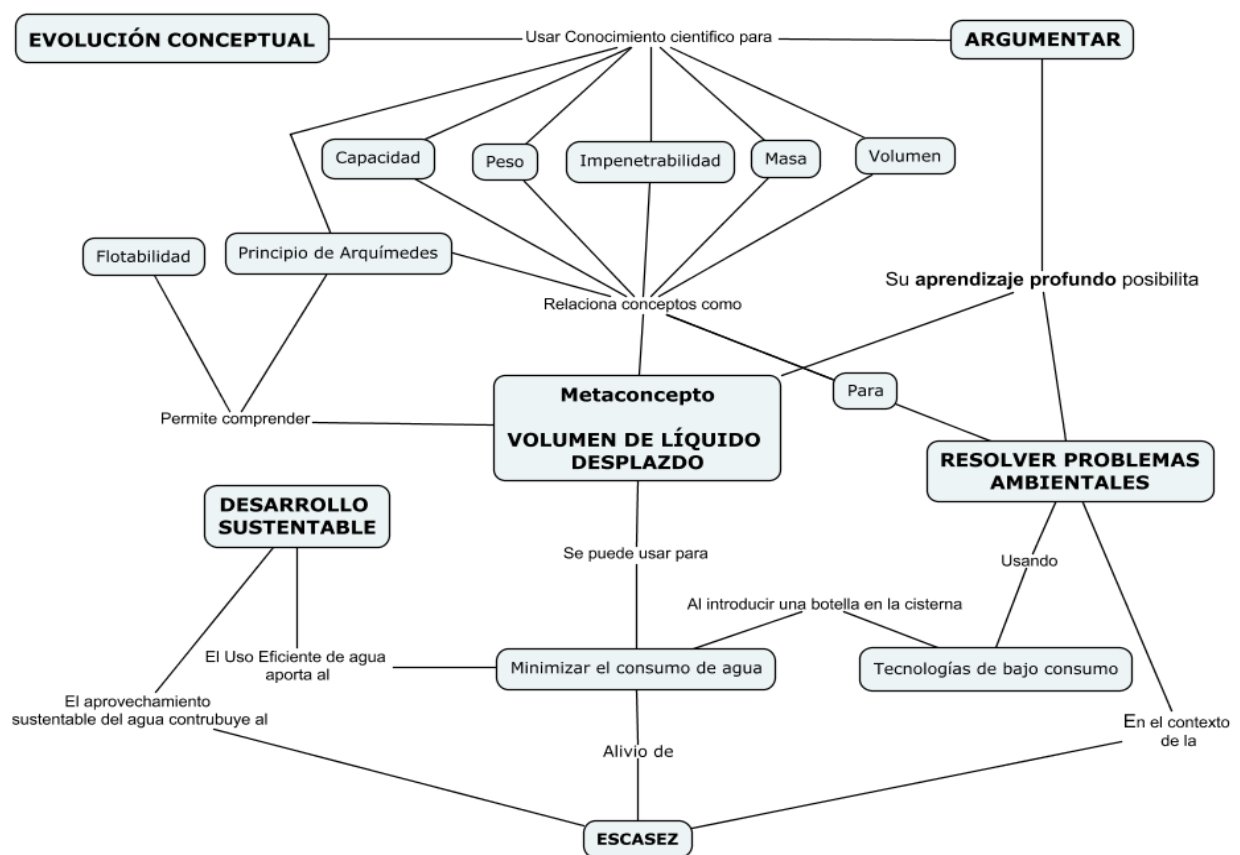


Figura 3. Red conceptual elaborada a partir del metaconcepto volumen de líquido desplazado

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el concepto seleccionado es pertinente y accesible a los alumnos porque está acorde al desarrollo intelectual e interés de los estudiantes, ya que está planteado en el entorno físico de los estándares básico para el ciclo donde se llevó a cabo la intervención.

Capítulo 3. Métodos y metodología

3.1 Enfoque y tipo de estudio

La presente propuesta contempla un enfoque cuantitativo orientado a describir y explicar si los cambios generados son significativos o no, al aplicar una secuencia didáctica que promueva el aprendizaje profundo de conceptos científicos en la totalidad de alumnos (objeto de estudio), y de esta forma establecer la eficacia de la secuencia didáctica implementada. Este enfoque también presenta un conjunto de proceso secuenciales y probatorios como se muestra en la figura 4.

Así mismo, el alcance descriptivo explicativo permite analizar la información recolectada mediante el diseño de un instrumento de medición, aplicado antes y después de una intervención, para luego contrastar los resultados. Esto dado que la investigación cuantitativa “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p.4).

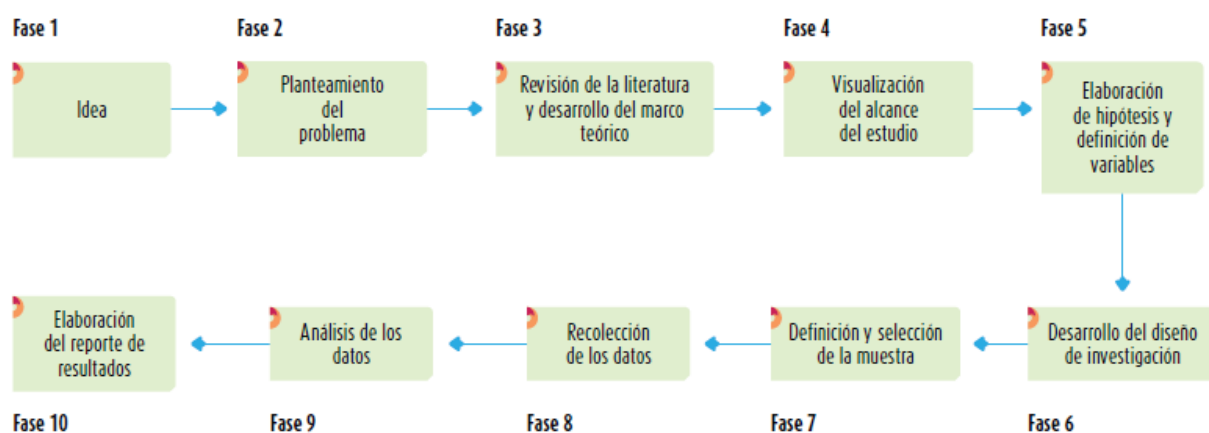


Figura 4. Proceso cuantitativo. Fuente: Tomado de (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.5).

En esta misma línea, el estudio es cuasiexperimental, en el que la muestra no se asigna al azar, es intencional y ya está conformada antes de la intervención (Hernández et al., 2014). En este sentido, la unidad de trabajo (grupo-clase) consta de 32 estudiantes de grado 6B de la

jornada de la mañana de la IEANC. La unidad de análisis es el aprendizaje profundo del concepto *volumen de líquido desplazado* en sus dimensiones: argumentación y resolución de problemas, y la eficacia que tiene en él, en cuanto al desarrollo de estas habilidades, una secuencia didáctica, cuyo diseño se basó en un modelo para la resolución de problemas ambientales y abiertos en el contexto del ahorro y uso eficiente del agua.

3.2 Muestra

La selección de la unidad de trabajo es intencional de acuerdo con la oportunidad del investigador de orientar la asignatura de Ciencias Naturales y Educación Ambiental, en la sede principal de la IEANC en el grado 6B. El grupo-clase consta de 33 estudiantes (16 niñas y 17 niños) con un promedio de edad de 11.5 años; durante el proceso de la intervención una estudiante fue trasladada a la jornada de la tarde, por lo que finalmente fueron 32 estudiantes quienes presentaron la preprueba y la posprueba, y asistieron con regularidad a las actividades didácticas planteadas durante el tiempo de intervención.

3.3 Características de los estudiantes

Con el fin de gestionar el aula, facilitar la conformación de pequeños grupos cooperativos de trabajo para la realización de las actividades didácticas y tener en cuenta la diversidad de los alumnos, se aplicaron los siguientes instrumentos:

- Un cuestionario tricerebral de estilos de aprendizaje de Waldemar De Gregori (ver actividades de la secuencia didáctica, anexo 6.1).
- Un cuestionario de actitudes relacionadas con la ciencia (actividades de la secuencia didáctica, anexo 6.2).

Además de estos criterios, se tuvieron en cuenta también el género, la edad y el puntaje obtenidos en la preprueba. Recolectadas estas variables se hizo un análisis de conglomerados en el programa InfoStat, el cual arrojó un sociograma que muestra dentro del grupo-clase los alumnos más parecidos respecto a las variables seleccionadas. En el anexo 4 se muestran las características de los estudiantes y el sociograma generado (actividades de la secuencia didáctica).

Este análisis permitió conformar grupos más heterogéneos, por lo tanto, se ubicaron en cada grupo estudiantes con características diferentes, por ejemplo, en cada grupo se ubicó por lo menos un integrante con cerebro dominante izquierdo (lógico-matemático), así como alguien que tuviera una actitud positiva frente a las ciencias.

3.4 Diseño metodológico

El diseño metodológico está estructurado en tres fases o momentos que desarrollan de forma secuencial cada uno de los objetivos específicos propuestos en la investigación, A continuación, en la figura 5 se realiza una síntesis del diseño metodológico a describir.

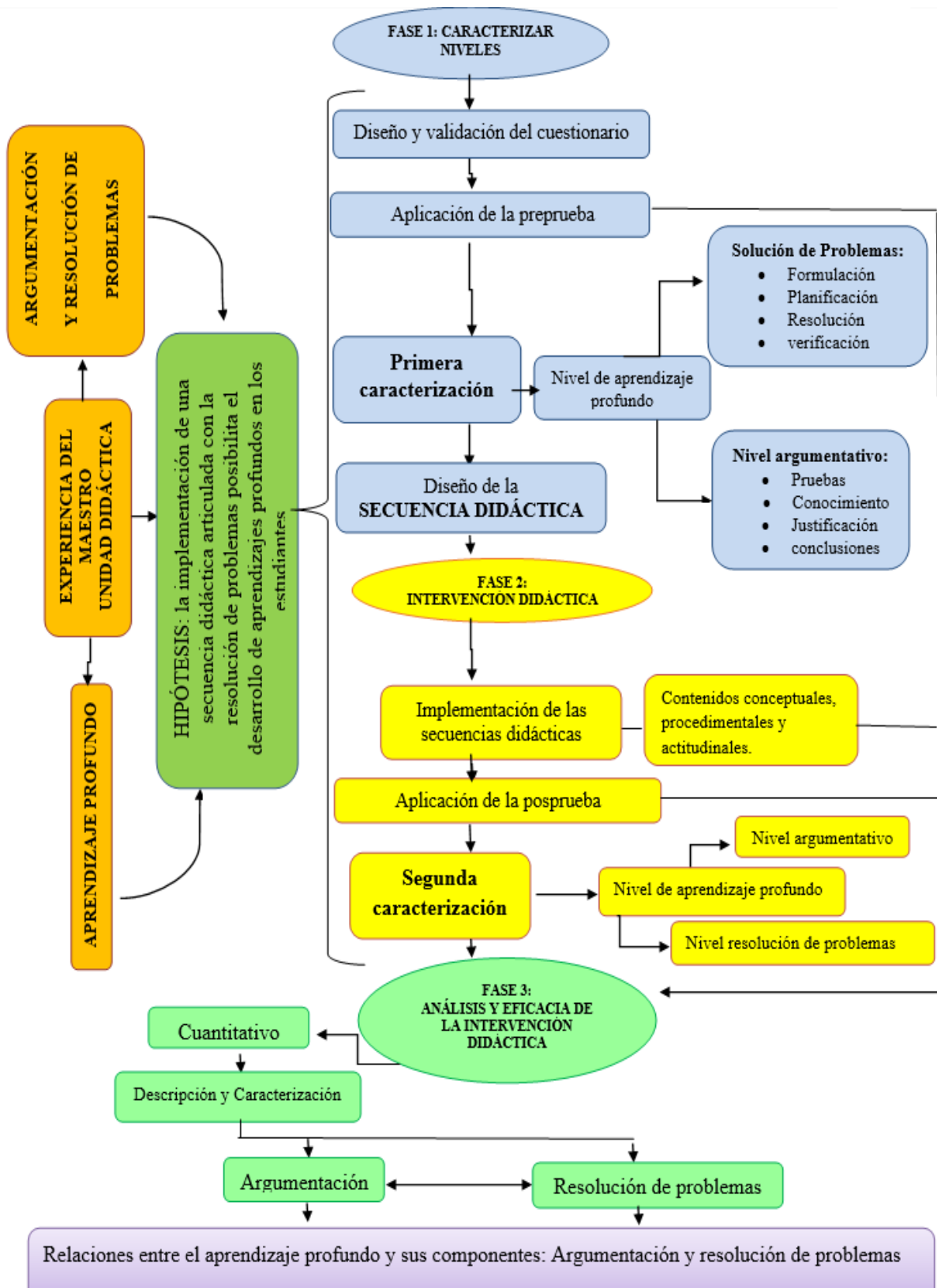


Figura 5. Diseño metodológico. Fuente: Elaboración propia

3.4.1 Metodología - Objetivo Específico 1: caracterizar niveles de aprendizaje

En este primer momento se diseñan y se aplican los instrumentos para la recolección de la información descritos a continuación, teniendo en cuenta los referentes teóricos, las recomendaciones del director del proyecto y el juicio de expertos (asesores en didáctica):

- Un instrumento diagnóstico-evaluativo de preguntas cerradas y abiertas que se usó al inicio y al final de la intervención didáctica (anexo 6.4: actividad 5 de la secuencia didáctica).
- Una rejilla de valoración (rúbrica de evaluación) que se deriva de la operacionalización de las variables de estudio (aprendizaje profundo) y que permite la decodificación numérica de la información, para poder caracterizar los niveles de aprendizaje profundo del estudiantado (anexo 5).
- Una tabla en Excel para la tabulación de la información decodificada y tomada de la preprueba y la posprueba (tabla 1).

Tabla 1. Registro y valoración de las respuestas de la preprueba y la posprueba

VARIABLE APRENDIZAJE PROFUNDO DEL CONCEPTO "VOLUMEN DE LIQUIDO DESPLAZADO" CUESTIONARIO INICIAL Y FINAL															
Alumno	PREGUNTA 1: ARGUMENTACION			PREGUNTA 2: ARGUMENTACION			PREGUNTA 3: SOL. DE PROBLEMAS			PREGUNTA 4: SOL. PROBLEMAS			PREGUNTAS CORRECTAS	TOTAL	NIVEL PROFUNDIDAD
	1.1 USO PRUEBAS	1.2 EXPLICACIÓN CAUSAL	1.3 RAZONES	2.1 USO PRUEBAS	2.2 EXPLICACIÓN CAUSAL	2.3 RAZONES	3.1 USO CONOCIMIENTO	3.2 USO DATOS	3.3 PROCESOS PROBLEMA	4.1 USO DATOS	4.2 DOMINIO CONOCIMIENTO	4.3 PROCESOS PROBLEMA			
1															
2															
3															
4															
5															
n															

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.1 Descripción de la categoría de análisis: aprendizaje profundo

Para un mejor entendimiento de la forma en que se cuantificó la categoría de análisis (aprendizaje profundo) y como se diseñó la escala de valoración para determinar los niveles de aprendizaje, se hace la siguiente descripción:

El aprendizaje profundo implica el dominio la transformación y el uso de un conocimiento para resolver problemas reales (Beas et al. 2003). Desde este enfoque, la profundización del aprendizaje está estrechamente relacionado con el desarrollo, entre otras, de habilidades de pensamiento como la argumentación y la resolución de problemas, por lo cual, estas destrezas intelectuales se convierten en dimensiones del aprendizaje que pueden ser analizadas como subcategorías. (Valenzuela, 2007; Marzano, 2006 y Beas et al. 2003).

Así, a esta categoría se le asignaron dos subcategorías de análisis, en primer lugar, el nivel argumentativo, que ha sido adoptado desde la postura de Jiménez (2010) en relación con los componentes de la argumentación y, en segundo lugar, el nivel de resolución de problemas, bajo la perspectiva de García (2003 y 2011) en relación con los procesos problémicos de la resolución de problemas (ver anexo 1: operacionalización de la variable dependiente).

La tabla 2 que se deriva de la operacionalización de la variable dependiente y la rúbrica de valoración de la preprueba y posprueba (anexos 1 y 5) muestra en detalle la categoría, las subcategorías y sus componentes, así como sus indicadores y la puntuación por componente.

Tabla 2. Descripción de la categoría y subcategorías de análisis

Categoría	Subcategorías (Dimensiones)		Indicadores	Puntuación
	Componentes			
Aprendizaje profundo	Nivel argumentativo	uso de Pruebas (datos)	Tres o más pruebas	3
			Dos pruebas	2
			Una prueba	1
		Conclusiones	conclusión + justificación + pruebas + conocimientos	4
			conclusión + justificación + pruebas o conocimiento	3
			conclusión + justificación o pruebas o conocimientos	2
		Justificaciones y uso del conocimiento	Tautologías, opiniones, creencias	1
			Conocimiento científico	3
			Conocimiento factual	2
			Conocimiento cotidiano	1
		Uso de datos (Análisis)	Uso adecuado (identifica y compara) + datos necesarios + resolución del problema	3
			Algún dato + resolución del problema	2
			Algún dato + resolución inadecuada	1
	Nivele de resolución de problemas	uso del conocimiento (Análisis)	Describe tres o más conceptos	3
			Describe dos conceptos	2
			Describe un concepto o menciona algunos conceptos	1
		Procesos problemáticos y la heurística (Síntesis)	Formulación + planificación + resolución + verificación	4
			Formulación + planificación + resolución	3
			Formulación + planificación	2
			Formulación	1

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los indicadores y la puntuación por componente, se definió una escala de valoración de cero (0) a cuarenta y cuatro (44) puntos, la cual fue dividida en 4 partes iguales para definir los niveles de aprendizaje profundo (superior, alto, básico, bajo) de acuerdo con el desempeño que tuvieron los estudiantes frente al instrumento diagnóstico-evaluativo aplicado. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Niveles de aprendizaje profundo de los estudiantes y sus características

NIVEL	PUNTAJE (Rango)	CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIANTES
4 Superior	34-44	<ul style="list-style-type: none"> • Usa las pruebas (hechos o datos) suficientes y necesarias para resolver un problema adecuadamente o llegar a una conclusión correcta. • Propone justificaciones que tiene en cuenta el conocimiento científico además de conocimiento factual o cotidiano. • Presenta conclusiones justificadas y sustentadas en pruebas (hechos o datos), además de conocimientos básicos. • Usa, transforma y domina el conocimiento para resolver problemas. • Ejecuta actividades cognitivas que muestran procesos problémicos de formulación, planificación y resolución del problema verificando o no la solución.
3 Alto	23-33	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica 2 o más pruebas (hechos o datos) para resolver un problema o llegar a una conclusión. • En la mayoría de los casos propone justificaciones que tienen en cuenta el conocimiento factual. • En la mayoría de los casos presenta conclusiones justificadas y sustentadas en pruebas (hechos o datos) sin usar conocimiento básico. • Usa el conocimiento factual y cotidiano para acometer un problema. • Ejecuta actividades cognitivas que muestran procesos problémicos de formulación y planificación tratando de buscar algún camino de resolución y no verifica la solución.
2 Básico	12-22	<ul style="list-style-type: none"> • En la mayoría de los casos identifica al menos una prueba (hecho o dato) para resolver un problema o llegar a una conclusión. • En la mayoría de los casos propone justificaciones que tienen en cuenta el conocimiento cotidiano. • En la mayoría de los casos presenta argumentos donde se identifican pruebas (hechos o datos) para sustentar una conclusión (explicación causa). • Usa algún conocimiento básico implicado para resolver un problema de forma inadecuada. • En la mayoría de los casos ejecuta actividades cognitivas que muestran procesos problémicos de formulación y planificación del problema.
1 Bajo	0-11	<ul style="list-style-type: none"> • En la mayoría de los casos no identifica pruebas (observaciones, hechos o experimentos) o datos hipotéticos (suministrados) u empíricos (recuperados o movilizados) para resolver un problema o llegar a una conclusión. • En la mayoría de los casos propone justificaciones que no tienen en cuenta el conocimiento. • Declara opiniones basadas en argumentos de autoridad, creencias, supersticiones, prejuicios o expresiones tautológicas o no formula ninguna idea o explicación coherente con el tema. • No usa los conocimientos básicos implicados para resolver un problema. • En la mayoría de los casos ejecuta actividades cognitivas que muestran procesos problémicos hasta la formulación o reconocimiento del problema.

Fuente: elaboración propia

3.4.2 Metodología - Objetivo Específico 2: diseñar y aplicar una secuencia didáctica

En esta fase para la planificación y diseño de las actividades didácticas se tuvieron en cuenta los siguientes insumos, primero, las dificultades para el aprendizaje del estudiantado observadas a través del cuestionario inicial, segundo, los estilos de aprendizaje según el cuestionario de Waldemar De Gregori para la conformación de los grupos colaborativos de trabajo y tercero, el nivel de actitudes hacia la ciencia.

Todas estas actividades fueron incluidas dentro de la secuencia didáctica en un apartado preliminar denominado: Actividades de aprestamiento.

Considerando estos insumos y los referentes teórico que derivaron en la operacionalización de la variable independiente (secuencia didáctica) se consolida la secuencia didáctica llamada: *Aprendo resolviendo problemas para proponer alternativas de ahorro y uso eficiente del agua en mi comunidad* (anexos 3 y 6) con un grupo de actividades que desarrollaron el ciclo de aprendizaje constructivista propuesto por Sanmartí (2005).

Una vez diseñado el instrumento de enseñanza-aprendizaje se procedió a su implementación por un periodo de 6 semanas, como resultado de esta intervención se generó una cantidad de material didáctico que fue registrado por los estudiantes y recolectado por el profesor como evidencia de la implementación de la secuencia didáctica. Finalmente, luego de esperar por un periodo de seis (6) semanas después del cierre de la intervención de aula, se aplicó de nuevo el cuestionario (posprueba), para la caracterización final del aprendizaje profundo de los estudiantes siguiendo la metodología del numeral 3.4.1.

3.4.3 Metodología - Objetivo Específico 3: eficacia de intervención didáctica

Para este fin, se procura describir las transformaciones en el aprendizaje profundo del concepto: *volumen de líquido desplazado*, teniendo en cuenta un análisis cuantitativo basado en la información obtenida del instrumento diagnóstico-evaluativo aplicado a los estudiantes antes y después de la intervención didáctica.

Además, para el análisis de los resultados se estableció el aprendizaje profundo como la variable dependiente y la secuencia didáctica como la variable independiente. De esta forma los resultados obtenidos antes y después de la intervención se tabularon (anexo 7) para la caracterización de los niveles de aprendizaje profundo según la operacionalización de la variable dependiente y su rejilla de valoración en los componentes: argumentación y resolución de problemas. Así mismo, con la información condensada se determinó el número de estudiantes en cada nivel de aprendizaje al inicio y al final del proceso de intervención de aula según las tablas 2 y 3 para contrastar esta información, interpretar los resultados basándose en los referentes teóricos y obtener conclusiones sobre la eficacia de la estrategia didáctica.

Capítulo 4. Resultados y Análisis de resultados

Para dar respuesta a los objetivos específicos planteados en la presente investigación, la información recolectada y análisis realizado de los datos se organizaron de acuerdo con los siguientes momentos:

- Resultados de la prueba de estilos de aprendizaje de Waldemar De Gregori con fines de gestión en el aula (anexos 4 y 6.1 de la secuencia didáctica).
- Resultados del cuestionario inicial: en estos se presenta los resultados y el análisis estadístico para la preprueba (anexo 6.4, actividad 5 de la secuencia didáctica) la cual seguía dos objetivos, en primer lugar, diagnosticar el nivel inicial de aprendizaje profundo de acuerdo con la operacionalización de sus componentes (subcategorías) y, en segundo lugar, identificar las dificultades en el aprendizaje para tener en cuenta a la hora del diseño de la secuencia didáctica.
- Intervención de aula: para tal fin se presenta la consolidación de una secuencia didáctica que desarrolla el ciclo de aprendizaje constructivista (anexo 6) y se diseña con base en la problematización de situaciones ambientales en el contexto del ahorro y uso eficiente del agua.
- Resultados del cuestionario final: en estos se presentan los resultados y el análisis comparativo de la posprueba respecto a los resultados de la preprueba, para determinar las contribuciones de la intervención didáctica en el aprendizaje profundo de los estudiantes sobre el metaconcepto *volumen de líquido desplazado* en los componentes: argumentación y resolución de problemas.

El cronograma de ejecución de estas actividades se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Cronograma de procedimientos

FECHA DE APLICACIÓN	INSTRUMENTO	TIEMPO DE DURACIÓN (horas)	Nº ESTUDIANTES PARTICIPANTES
Primera semana de abril (02/04/18)	Test de estilos de aprendizaje	1	32
Primera semana de abril (05/04/18)	Preprueba	2	32
Inicio: segunda semana de abril Cierre: última semana de mayo	Secuencia Didáctica	32	32
Tercera semana de julio (19/07/18)	Posprueba	2	32

Fuente: elaboración propia

Estas actividades pretendieron la validación de la hipótesis de que la implementación de una secuencia didáctica articulada con la resolución de problemas en el marco de ahorro y uso eficiente del agua posibilita el desarrollo de aprendizajes profundos en los estudiantes de grado 6B de la IEANC.

4.1 Resultados del test de estilos de aprendizaje de Waldemar De Gregori

Uno de los instrumentos aplicados con el fin de gestionar el aula y facilitar la conformación de equipos cooperativos para el aprendizaje colaborativo, fue el test de dominancia tricerebral propuesto por De Gregori (1999), el cual plantea que el cerebro tiene una estructura tríadica (cerebro derecho, central e izquierdo) que inciden en el desempeño educativo y social del estudiante, en este sentido, conocer e identificar esta forma de pensar en los alumnos por parte del docente, supone una incidencia en el desarrollo de habilidades y facultades mentales más eficaz, al permitirle crear ambientes colaborativos apoyado en estos presupuestos.

Así, el aprendizaje colaborativo favorece el desarrollo de aprendizaje activo característico del enfoque de aprendizaje profundo. Lo anterior reconocido por Meyers y Jones (1993), quienes proponen entornos de aprendizaje donde los estudiantes se involucran por medio de la solución de problemas, estudios de caso, experimentación y trabajo colaborativo donde el alumnado debe aplicar aquello que está aprendiendo.

En este orden de ideas, poder disponer a los estudiantes en grupos cooperativos teniendo en cuenta su forma de pensar, potencia el aprendizaje del individuo, a quien se le asignan roles y metas que deben ser cumplidas para el correcto desarrollo de las actividades.

De acuerdo con lo planteado, la figura 6 muestra que el 44% correspondiente a 14 estudiantes, se ubica en el cerebro derecho (operativo instintivo), el 31% (10 estudiantes), se ubica en el cerebro central (Emotivo-creativo) y el 25 % correspondiente a 8 estudiantes, se ubica en el cerebro izquierdo (lógico-matemático).

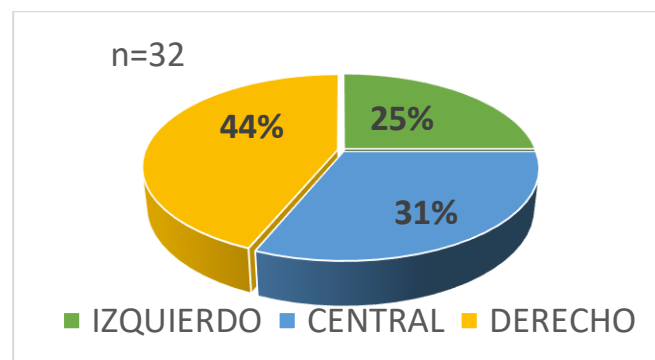


Figura 6. Distribución porcentual de estilos de aprendizaje de los estudiantes de grado 6B Fuente: Elaboración propia

Estos resultados fueron decisivos al momento de la conformación de los grupos heterogéneos de trabajo, es decir, se trató de que cada grupo de cuatro estudiantes tuviera

representantes de cada estilo de aprendizaje, sin embargo, como esto no fue posible por las dinámicas propias del grupo-clase, se debieron tener en cuenta otras variables (nivel de actitud hacia la ciencias, genero, edad y puntaje obtenido en la preprueba) que fueron sometidas a un análisis de conglomerados en el programa InfoStat, el cual arrojó un sociograma que muestra dentro del grupo-clase los alumnos más parecidos respecto a las variables seleccionadas.

Finalmente, con la ayuda de este sociograma y el consenso con los estudiantes, se conformaron ocho grupos de cuatro integrantes para la ejecución de las actividades didácticas, enfatizando en el rol (coordinador, operador de materiales y tiempo, secretario y expositor) de cada uno de acuerdo con su estilo de aprendizaje. Una vez conformados los grupos, los estudiantes escogieron un nombre que los representara según la tabla 5.

Tabla 5. Conformación de pequeños grupos

GRUPO A		GRUPO B		GRUPO C		GRUPO D	
AGUILAS SUPERIORES		CHICAS MARAVILLOSAS		MINI CIENTÍFICAS		LEONES FEROCES	
INTEGRANTE	CEREBRO	INTEGRANTE	CEREBRO	INTEGRANTE	CEREBRO	INTEGRANTE	CEREBRO
Jerson	Izquierdo	Sara 1	Izquierdo	Sara 2	Izquierdo	Ramirez	Central
Jorge	Central	Angy	Derecho	Esmeralda	Central	Jeferson	Central
Santiago	Derecho	Gina	Izquierdo	Henao	Derecho	Diego	Izquierdo
Isaza	Derecho	Jakeline	Izquierdo	Mariana	Central	Francy	Central
GRUPO E		GRUPO F		GRUPO G		GRUPO H	
LOS FANTASMAS		ESCUADRON SUPER		CIENTÍFICOS LOCOS		SUPER MOUSE	
INTEGRANTE	CEREBRO	INTEGRANTE	CEREBRO	INTEGRANTE	CEREBRO	INTEGRANTE	CEREBRO
Cristian	Izquierdo	Jhon E.	Derecho	Juan E.	Izquierdo	Angie	Central
Juan	Central	David	Derecho	Damian	Derecho	Stefany	Derecho
Valentina	Central	Sofia	Derecho	Robin	Derecho	Emilly	Derecho
Alejandro	Central	Yeny	Izquierdo	Jorge	Central	Dayana	Derecho
IZQUIERDO: LOGICO-MATEMATICO		CENTRAL: EMOTIVO-CREATIVO		DERECHO: OPERATIVO-INSTINTIVO			

Fuente: Elaboración propia

En esta fase, es importante recalcar que justo cinco (5) estudiantes con cerebro izquierdo (lógico-matemáticos) fueron los que obtuvieron de los mayores puntajes en la preprueba (estudiantes 1, 5, 8, 23 y 27 del anexo 4), resultados que posiblemente se derivan de las características de esta dominancia cerebral, para la cual se ha descrito una mayor facilidad en el aprendizaje de las ciencias exactas y naturales (Gregori, 1999) y, por ende, se adecúan de mejor manera al tipo de prueba presentada.

4.2 Resultados del cuestionario inicial (preprueba)

4.2.1 Diseño y validación del cuestionario

Para tal fin, se usó un cuestionario (preprueba-posprueba) de preguntas cerradas y abiertas sobre la temática (concepto de volumen de líquido ambientado en el contexto del ahorro

y uso eficiente del agua) desplazo, estas preguntas fueron tomadas de las pruebas saber 5° y 9° y trabajos de investigación en didáctica (anexo: actividad 5 de la secuencia didáctica).

El cuestionario constó de cuatro preguntas, las primeras dos indagaron sobre los procesos argumentativos (uso de pruebas, justificaciones, uso del conocimiento y conclusiones) según la operacionalización de la subcategoría **argumentación** (anexo 1 y tabla 2), la pregunta tres, indagó sobre los procesos problémicos (formulación, diseño y planificación, resolución y verificación del problema) según la operacionalización de la subcategoría **resolución de problemas** (anexo 1 y tabla 2) y la última pregunta indagó sobre los procesos argumentativos y de resolución de problemas bajo el enfoque de aprendizaje profundo en el contexto del ahorro y uso eficiente del agua.

De igual manera el instrumento propuesto fue ajustado y validado de acuerdo con las recomendaciones del tutor del macroproyecto y el juicio de expertos (asesores en didáctica), seguido de una prueba piloto a estudiantes del mismo grado, pero de un grupo diferente del colegio. En este caso, para la validación de la prueba diseñada, se aplicó un pilotaje a 10 estudiantes del grado 6A y con los datos recolectados se hizo un análisis estadístico por Alpha de Cronbach (α) que, según Morales et al. (2017) es un coeficiente estadístico usado para medir la fiabilidad de una escala de medida, es decir, la consistencia o estabilidad interna de los datos (anexo 8). El valor del Alpha obtenido para la población de estudio después de organizar los datos en una hoja de cálculo de Excel fue de 0.86, indicando más de un 86 % de consistencia entre los datos.

De los resultados obtenidos y usando la escala de valor para el Alpha de Cronbach sugerida por George & Mallery (2003) citado por Morales et. al (2017), se concluye que la fiabilidad (Estabilidad interna de los datos) de las variables es buena ($\alpha > 0.8$) y por tanto se puede aceptar que las mediciones realizadas dan cuenta de la magnitud inobservable de interés llamada *Aprendizaje Profundo*.

4.2.2 Interpretación de resultados de la preprueba

Luego de la aplicación de la preprueba en la unidad de trabajo, se valoró y caracterizó el nivel inicial de aprendizaje profundo tomando cada cuestionario diligenciado por los estudiantes y transcribiendo sus respuestas a una tabla en Excel teniendo en cuenta el análisis pregunta a pregunta usando una rejilla de valoración (rúbrica de evaluación) previamente diseñada, otorgando puntos de acuerdo con los criterios de corrección de las respuestas (anexo 5)

De esta manera, cada estudiante fue ubicado en un nivel de aprendizaje profundo conforme con el puntaje obtenido en la preprueba, logrando quedar en el nivel uno (1) o bajo, nivel dos (2) o básico, nivel tres (3) o alto y nivel cuatro (4) o superior según el rango de puntos y las características de cada nivel mostrados en la tabla 3.

De los datos obtenidos para este fin, se calculó un Alpha de Cronbach igual a 0.88, indicando más de un 88 % de consistencia entre los datos y mostrando total congruencia con la validación inicial del cuestionario.

En este sentido, la figura 7 muestra la distribución de los estudiantes de conformidad con la puntuación obtenida en el cuestionario inicial aplicado al grupo-clase de 32 integrantes.

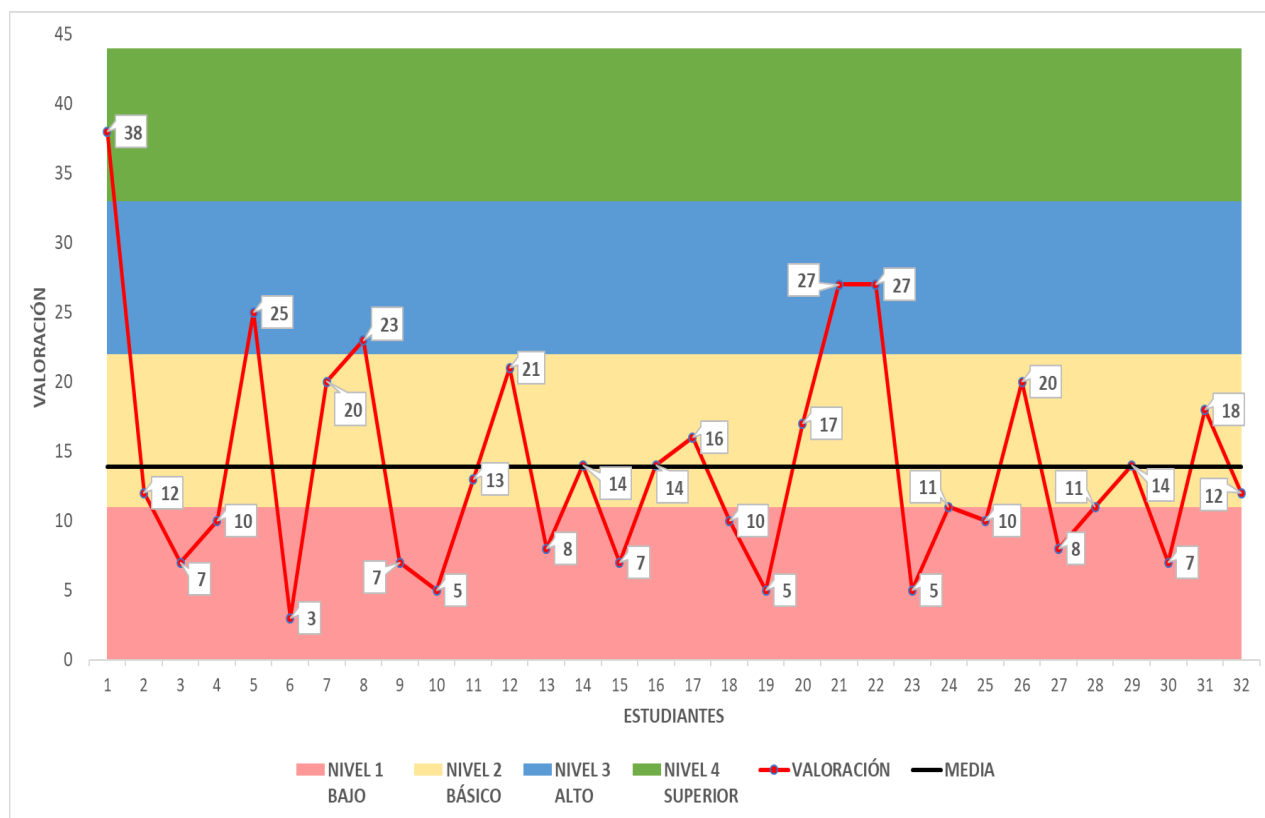


Figura 7. Resultados de la valoración de la preprueba para la caracterización inicial de aprendizaje profundo de los estudiantes. Fuente: Elaboración propia

Obsérvese que la media aritmética de la muestra (14 puntos) se ubica en la franja amarilla correspondiente al nivel 2 o básico de aprendizaje profundo, si comparamos la puntuación lograda por el alumnado con esta medida, puede evidenciarse que 18 alumnos (56,3 % de la muestra) se encuentra por debajo de la media, 11 alumnos se encuentran por encima de este promedio (34,4 % de la muestra) y 3 alumnos se encuentran dentro del promedio (9,3 % de la muestra).

También es de resaltar que el estudiante 1, quien fue el que obtuvo la máxima puntuación, se ubicó en la franja verde del nivel 4 o superior, obteniendo una valoración de 38 puntos de 44 posibles, del mismo modo, 4 estudiantes se ubicaron en la franja azul del nivel 3 o alto y el resto de los estudiantes se ubicaron en los niveles 2 y 1 (básico y bajo) de aprendizaje profundo obteniendo valoraciones por debajo de 24 puntos, es decir, en la valoración inicial de aprendizaje profundo se identificó que el 84% (27 alumnos) de los estudiantes se ubica en los niveles bajo y básico, dejando solo a un 16% en los niveles superiores (5 alumnos).

La figura 8 muestra de forma más detallada lo descrito anteriormente, nótese que la valoración inicial de aprendizaje profundo del alumnado deja una distribución en los diferentes

niveles así: en el nivel bajo, quince (15) estudiantes correspondientes al 47%, en el nivel básico, doce (12) estudiantes correspondientes al 38%, en el nivel alto, cuatro (4) estudiantes correspondientes al 13% y en el nivel superior, un (1) estudiante correspondiente al 3%.

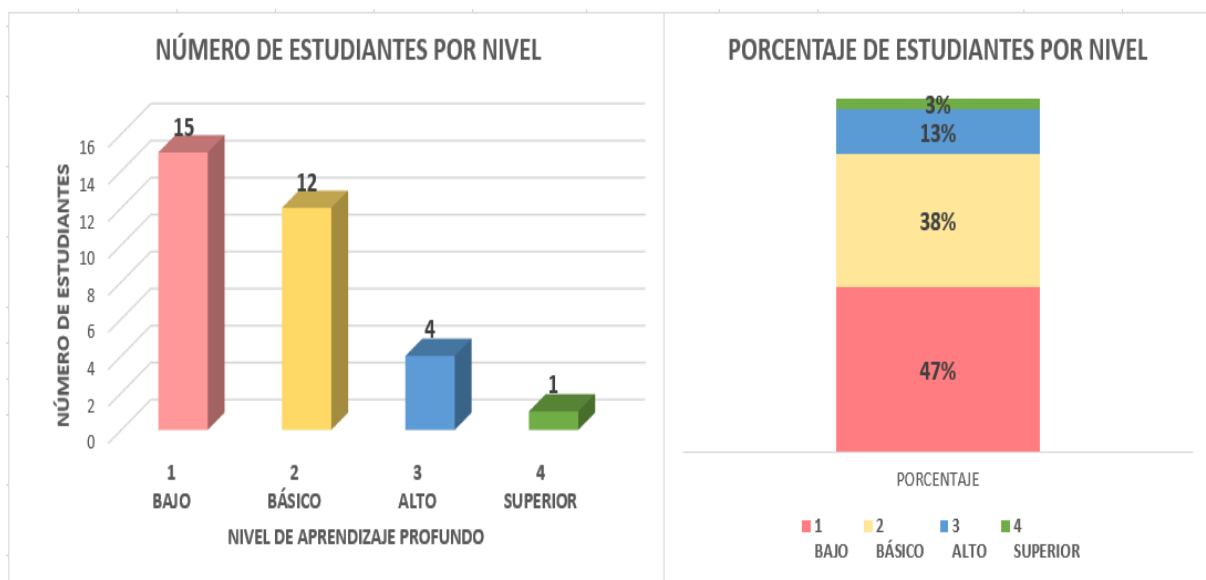


Figura 8. Número y porcentaje inicial de estudiantes por nivel de aprendizaje profundo Fuente: Elaboración propia

Después de la descripción y diagnóstico inicial de los niveles de aprendizaje profundo, se identifica que la gran mayoría de los estudiantes (84%) presenta dificultades en el aprendizaje en cuanto al desarrollo de las habilidades del pensamiento como la argumentación y la resolución de problemas, así como del uso de los conocimientos científicos implicados. Estos resultados son coherentes con los planteados en la formulación del problema de la presente investigación alrededor de los informes de las pruebas SABER 5° y 9° de ciencias naturales del 2016, donde la IEANC demuestra que el 73% de los alumnos de grado 5° quedó relegado en los desempeños insuficiente y mínimo, situación que se agudiza en el grado 9°, ya que el 80% de los estudiantes ocupó los desempeños inferiores.

La figura 9 muestra el análisis comparativo de los datos descritos anteriormente, obsérvese que tanto en los desempeños de las pruebas SABER como en la preprueba, los niveles bajos (1 y 2) comprenden más de un 70% de los alumnos dejando en el nivel 4, solo un 3% aproximadamente de los estudiantes.

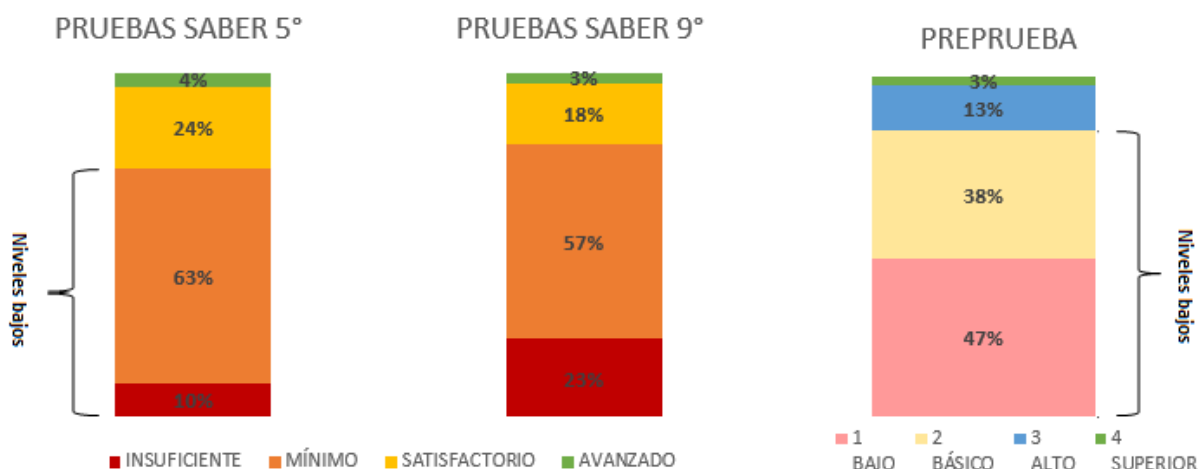


Figura 9. Comparativo de los niveles de desempeño de las pruebas SABER 2016 en ciencias naturales vs nivel de aprendizaje de los estudiantes en la preprueba. Fuente: elaboración propia. Basado en Icfesinteractivo, s.f. y resultados de la preprueba

Así, es posible que estos resultados se deriven de las dificultades en el desarrollo de las competencias por parte de los estudiantes, que demuestran debilidades al momento de plantear y resolver problemas, comunicar de forma verbal y escrita sus ideas, usar comprensivamente el conocimiento científico, explicar fenómenos naturales y relacionar los componentes de Ciencia, Tecnología y Sociedad (ICFES, s.f. resultados prueba SABER, 2016), competencias que están estrechamente relacionadas con destrezas intelectuales como la resolución de problemas y la argumentación.

Adicional a esto, el análisis de repeticiones (anexo 9) de las opciones marcadas en la pregunta 2 del cuestionario inicial, también permitió identificar que el 47% de los alumnos presenta concepciones alternativas (presaberes) inadecuadas a cerca del concepto de *volumen de líquido desplazado*, ya que al indagar sobre las variables (masa, peso, forma y volumen) que intervienen en este fenómeno, los estudiantes evidencian la falta de comprensión de los conceptos implicados, al relacionar el desplazamiento del volumen de un objeto con su masa, peso o forma y no con su volumen, estos resultados concuerdan con los encontrados por Melo et al. (2016), quienes concluyen que para un gran número de estudiantes, cuando se sumerge un cuerpo en un líquido, el volumen de líquido desalojado no tiene ninguna relación con el volumen del cuerpo. La tabla 6 muestra un ejemplo de las dificultades (debilidades) en el aprendizaje de este tipo en el estudiante 26, quien se ubicó inicialmente en el nivel dos de aprendizaje profundo.

Tabla 6. Debilidades en el aprendizaje: concepciones alternativas de los alumnos

DESEMPEÑO EVIDENCIADO	DEBILIDADES
-----------------------	-------------

Estudiante N°26: explicación causal para opción seleccionada en la **pregunta 2**

Si hundimos totalmente estos objetos en agua, la conclusión correcta a la que podemos llegar es que:

- A. El objeto 1 es el que desplaza menos agua. **EXPLICACIÓN CAUSAL INADECUADA**
- B. El objeto 3 es el que desplaza más agua.**
- C. El objeto 2 es el que desplaza menos agua.
- D. Todos los objetos desplazan la misma cantidad de agua.

2.1. Menciona los datos tenidos en cuenta para apoyar tú respuesta.

Dato 1: la caja pesa mas y tiene mas masa.
 Dato 2: entre mas peso mas espacio ocupara. **IDENTIFICA LAS PRUEBAS**
 Dato 3: como la caja ocupa espacio el agua le tendria que dar
 Dato 4: asi el agua tendria que desalojar

2.2. Explica las causas por las cuales escogiste la opción marcada en la pregunta 2.

La caja es la que tiene mas valores y
mas cantidades entonces se introduce
en agua, el agua desaloja para que la
caja pueda ocupar el espacio que debe
ocupar dentro del agua! **PRUEBAS**
JUSTIFICACIÓN

Respecto a las concepciones alternativas del concepto estudiado

A pesar del que el estudiante identifica las pruebas (datos) y las usa para dar justificaciones en sus argumentos, las **concepciones alternativas** que tiene sobre el concepto de *volumen de líquido desplazado* hacen que llegue a conclusiones (explicaciones causales) inadecuadas.

Además, teniendo en cuenta las valoraciones iniciales de cada estudiante, los referentes teóricos y la tabla 4 se realizó la caracterización inicial del aprendizaje profundo mostrado en la tabla 7.

Tabla 7. Caracterización inicial de los niveles de aprendizaje profundo de los estudiantes en los componentes: argumentación, resolución de problemas y comprensión conceptual

NIVEL	% Y NÚMERO DE ESTUDIANTES	CARACTERIZACIÓN INICIAL
4 Superior	3% (1)	<p>Referente a la resolución de problemas, los estudiantes de este nivel incorporan habilidades cognitivas tales como el Análisis (cuando se separa y une información relevante e irrelevante), la Síntesis (necesaria para formular hipótesis y procesar simultáneamente un gran número de hechos o datos) y la trasferencia de conocimiento (mayor indicador de un buen aprendizaje al usar el nuevo conocimiento en un contexto diferente de aquel en el que se aprendió). Estas habilidades se demuestran mediante el uso de las pruebas necesarias para resolver el problema, además de ejecutar actividades cognitivas que les permite formular el problema, diseñar y planificar la solución, explorar caminos de solución, verificando o no la solución.</p> <p>Respecto a la argumentación, los estudiantes proponen justificaciones que tienen en cuenta soportes teóricos relacionados con la temática planteada, además de fuentes factuales de conocimiento, también presentan conclusiones (explicaciones causales) sustentadas en pruebas (hechos o datos) y conocimientos básicos.</p>

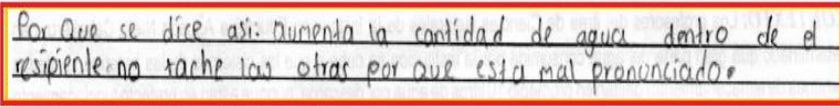
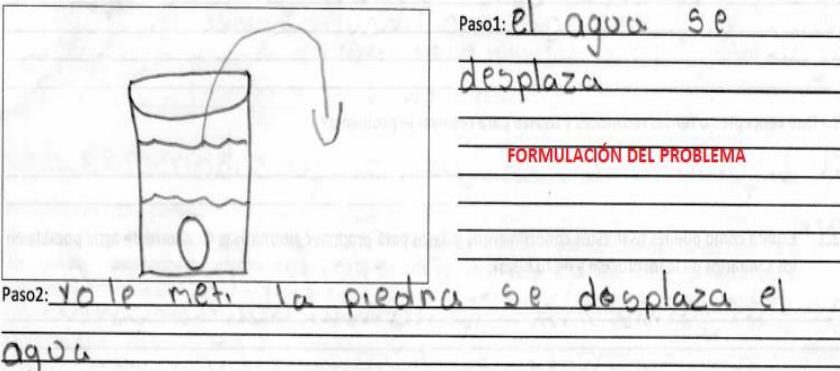
		En relación con la comprensión profunda del concepto abordado (<i>volumen de líquido desplazado</i>), se evidencia una evolución conceptual significativa en cuanto al uso del lenguaje y la incorporación de conocimientos declarativos (hechos, conceptos, principios, teorías) para la construcción de sus argumentos, además se demuestra dominio del tópico abordado, al transformarlo y usarlo para acometer la resolución de problemas prácticos y abiertos.
3 Alto	13% (4)	<p>Referente a la resolución de problemas, la mayoría de los estudiantes de este nivel incorporan habilidades cognitivas como el análisis y la síntesis del problema, esto les permite usar algunas pruebas y ejecutar actividades cognitivas para formular y planificar el problema tratando de buscar alguna ruta de resolución y no verifican la solución.</p> <p>Respecto a la argumentación, la mayoría de los estudiantes presentan conclusiones (explicaciones causales) donde se identifican dos componentes de la argumentación entre justificaciones, pruebas (hechos o datos) y conocimientos básicos (científico o factual), es decir, los alumnos construyen argumentos donde se identifica que sus conclusiones están justificadas y sustentadas en pruebas sin usar conocimientos básicos o las conclusiones están justificadas usando conocimiento básico sin tener en cuenta las pruebas.</p> <p>En relación con la comprensión del concepto estudiado, los estudiantes muestran una evolución conceptual aceptable, explican y comparan algunos conceptos que estructuran el metaconcepto de <i>volumen de líquido desplazado</i>, usándolos en algunos argumentos y mostrando un uso aceptable del lenguaje, pudiendo o no utilizar este conocimiento para resolver problemas prácticos y abiertos.</p>
2 Básico	38% (12)	<p>Referente a la resolución de problemas, la mayoría de los estudiantes de este nivel incorporan habilidades como el Análisis sin llegar a una síntesis del problema, lo que limita sus actividades cognitivas solo a la formulación del problema, tratando de diseñar y planificar una solución para llegar a una resolución inadecuada.</p> <p>Respecto a la argumentación, la mayoría del alumnado presenta conclusiones (explicaciones causales) donde se identifica un componente de la argumentación entre justificaciones, pruebas (hechos o datos) y conocimientos básicos (factual o científico), es decir, los estudiantes construyen argumentos que muestran pruebas (hechos o datos) o justificaciones sin tener en cuenta el conocimiento, aunque en algunos casos usan conocimiento cotidiano e impreciso.</p> <p>En relación con la comprensión del concepto estudiado, los estudiantes demuestran una evolución conceptual mínima, por tanto, aunque recuerdan algunos conceptos implicados, los confunden, no los describen y demuestran un uso inadecuado del lenguaje al incorporarlos en sus argumentos y tratar de usarlos para resolver problemas prácticos y abiertos.</p>
NIVEL	% Y NÚMERO DE ESTUDIANTES	CARACTERIZACIÓN INICIAL

1 Bajo	47% (15)	<p>Referente a la resolución de problemas, los estudiantes de este nivel no demuestran el desarrollo de habilidades cognitivas como el análisis, la síntesis y la transferencia de conocimiento, derivando esto en la falta de comprensión y planteamiento del problema, por lo tanto, no es posible el diseño y planificación del problema, así como la exploración de rutas a la solución, ni mucho menos su verificación.</p> <p>Respecto a los componentes de la argumentación, los estudiantes no formulan ninguno, es decir, no identifican pruebas (hechos o datos) y sus justificaciones, si las hay, no tienen en cuenta el conocimiento, además, cuando no dejan el espacio vacío se limitan a declarar opiniones basadas en argumentos de autoridad, creencias, supersticiones o expresiones tautológicas.</p> <p>En relación con la comprensión del concepto estudiado (<i>volumen de líquido desplazado</i>), no se evidencia evolución conceptual, el uso del lenguaje es impreciso y ambiguo, demostrando carencia de conocimientos necesarios para construir argumentos y resolver problemas.</p>
-----------	----------	---

Fuente: elaboración propia

De modo adicional, la tabla 8 muestra algunos resultados puntuales que describen de mejor manera las dificultades del aprendizaje (debilidades) halladas al inicio de la intervención didáctica.

Tabla 8. Dificultades en el aprendizaje profundo de los estudiantes en los componentes de argumentación y resolución de problemas evidenciadas en la preprueba.

	DESEMPEÑO EVIDENCIADO	DEBILIDADES
NIVEL 1 (BAJO)	<p>Estudiante N°3: explicación causal para opción seleccionada en la pregunta 1</p> <p>1.2. Explica las causas por las cuales escogiste la opción marcada en la pregunta 1.</p>  <p>OPINIONES Y EXPRESIONES TAUTOLÓGICAS</p>	<p><u>Respecto a la argumentación</u></p> <p>Presentar apreciaciones personales, transcribir afirmaciones de las opciones de respuesta.</p>
	<p>Estudiante N°28: ruta para la solución de problemas de la pregunta 3</p> <p>3. Describe paso a paso el camino que seguiste para resolver el problema (Puedes usar dibujos, esquemas, narraciones, procedimientos)</p> 	<p><u>Respecto a la resolución de problemas</u></p> <p>A pesar de que trata de usar los conceptos implicados (volumen de agua desplazada), al no identificar los datos y no poderlos relacionar, no comprende ni plantea el problema, por lo tanto, no es posible diseñar y planificar el problema, así como explorar alguna ruta, ni mucho menos verificar la solución.</p>

NIVEL 2 (BÁSICO)

Estudiante N°16: explicación causal para opción seleccionada en la **pregunta 2**

2.2. Explica las causas por las cuales escogiste la opción marcada en la **pregunta 2**.

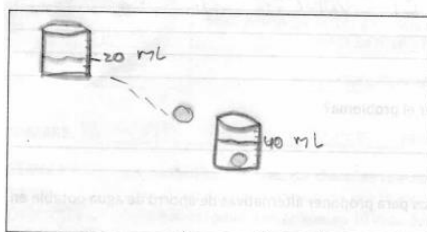
D. Todos los objetos desplazan la misma cantidad de agua.

por que los objetos cuentan con diferente masa pero tienen el mismo volumen

USO DE PRUEBAS (DATOS DE LA TABLA SUMINISTRADA)

Estudiantes N°14: ruta para la solución de problemas de la **pregunta 3**

3.3. Describe paso a paso el camino que seguiste para resolver el problema (Puedes usar dibujos, esquemas, narraciones, procedimientos)



Paso1: *primero leo otra vez el problema*

FORMULA, DISEÑA Y PLANIFICA EL PROBLEMA

Paso2: *quito el dibujo del problema para poder entender*

Paso3: *después ago el dibujo de acuerdo con el problema*

Paso4: *pinto y pongo las mL*

Respecto a la argumentación

Usar datos sin llegar a relacionarlos con alguna clase de justificación para apoyar su conclusión, no se evidencia uso de soportes teóricos (conocimiento básico).

Respecto a la resolución de problemas

Presenta procesos problemáticos de formulación y planificación (leer el problema y hacer una representación gráfica), sin embargo, no identifica los conceptos implicados, tampoco reconoce y relaciona las variables involucradas, por lo tanto, la resolución es incorrecta y no se verifica.

NIVEL 3 (ALTO)

Estudiante N°15: explicación causal para opción seleccionada en la **pregunta 2**

1.2. Explica las causas por las cuales escogiste la opción marcada en la **pregunta 1**.

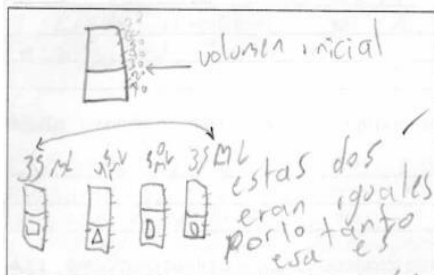
C. Aumente el volumen dentro del recipiente.

USO DE PRUEBAS (HECHO)

porque el volumen sube dentro del recipiente y no es la piedra aumento de tamaño porque la piedra ocupa un espacio en el agua y al agua sube porque la piedra ocupa ese espacio

JUSTIFICACIÓN

Estudiantes N°17: ruta para la solución de problemas de la **pregunta 3**



Paso1: *mi primer paso fue leer la fotocopia y entenderla*

FORMULA, DISEÑA Y PLANEA, RESUELVE EL PROBLEMA ADECUADAMENTE

Paso2: *mi 2 paso fue leer el dibujo y leer las preguntas*

Paso3: *mi 3 paso fue mirar las preguntas y leer las para entenderlas*

Paso4: *mi 4 paso fue analizar el dibujo y las preguntas y hacer es coger una respuesta*

Respecto a la argumentación

Presenta una justificación que relaciona su conclusión con las pruebas, sin embargo, no usa apoyos teóricos (conocimiento científico) en su justificación.

Respecto a la resolución de problemas

Presenta procesos problemáticos de formulación (lectura del problema, identificar y comparar los datos) y planificación (representación gráfica, relacionar variables), y resuelve el problema adecuadamente indicando una ruta de solución, pero no verifica la solución.

En definitiva, los resultados descritos anteriormente dan a entender que la mayor parte de los estudiantes de grado 6B de la IEANC no han desarrollado las destrezas necesarias para el uso comprensivo del conocimiento, la explicación de fenómenos físicos y la indagación, lo que se concreta en sus falencias para hacer uso de las pruebas y conocimientos necesarios para construir fundamentos y resolver problemas, del mismo modo presentan comprensiones superficiales de los conceptos a estudiar.

Estas debilidades encontradas en los componentes del aprendizaje profundo (argumentación y resolución de problemas) más las concepciones alternativas (inadecuadas) del estudiantado, fueron los insumos tenidos en cuenta al momento de diseñar las actividades didácticas de la secuencia de enseñanza-aprendizaje a implementar, donde se usa el metaconcepto de *volumen de líquido desplazado* como medio para acercar a los estudiantes a formas prácticas de hacer un uso responsable y eficiente del agua, y al mismo tiempo desarrollar destrezas intelectuales que potencien el pensamiento crítico del alumnado, teniendo en cuenta que las problemáticas ambientales son *cuestiones socialmente vivas* y relevantes para la vida de las personas, por lo tanto, argumentar y resolver problemas al redor de ellas contribuye a la alfabetización científica (Jiménez, 2010).

4.3 Implementación de la intervención didáctica

En este caso, el diseño de la secuencia didáctica se convierte en un reto para el investigador, puesto que, al ser considerada la variable independiente, de la forma en que sea manipulada, depende la eficacia de los aprendizajes profundos esperados en los estudiantes. Por tal motivo, la propuesta se sustenta en los planteamientos de Sanmartí (2005), quien sugiere los siguientes criterios para tener en cuenta al momento de diseñar unidades didácticas: definir los objetivos de aprendizaje, seleccionar y secuenciar los contenidos, las actividades y los procesos de evaluación, así como organizar y gestionar el aula de clases.

De otra parte, con el fin de propiciar un cambio metodológico para la ambientalización curricular, donde se consideró la dimensión ambiental como eje articulador para la enseñanza de las ciencias, el diseño de la secuencia didáctica tuvo en cuenta los siguientes aspectos: primero, la estructura conceptual (figura 3) se construyó a partir de la resolución de situaciones problémicas ambientales en el marco de la ahorro y uso eficiente del agua, segundo, los contenidos aptitudinales se enmarcaron en el valor que los estudiantes le dan al agua de uso domiciliario, tercero, las situaciones problémicas planteadas se orientaron desde la realidad cotidiana, vivencial, experiencial y de interés de los alumnos, es decir, los estudiantes resolvieron problemas reales, cuarto, las actividades de la secuencia didáctica atendieron a una actividad cognitiva profunda (aprendizaje profundo) y comprometida con un pensamiento para la acción con sentido, es decir, para el desarrollo de destrezas intelectuales como la argumentación y la resolución de problemas, por último, el trabajo colaborativo permitió abordar una educación en lo ambiental desde un modelo de cooperación y de participación solidaria entre los alumnos.

Tabla 9. Estructura de la secuencia didáctica diseñada

SEMANA 1	SESIÓN 1: ACTIVIDADES DE APRESTAMIENTO Y GESTIÓN EN EL AULA
	<i>¿Cómo trabajaremos colaborativamente?</i>
	Actividad 1: Identificación de estilos de aprendizaje
	Actividad 2: Identificación del nivel de actitudes relacionadas con las ciencias
	Actividad 3: Conformación de colectivos para el trabajo colaborativo
SEMANA 2	SESIÓN 2: EXPLORACIÓN INICIAL: Verbalización de modelos explicativos iniciales
	<i>¿Cómo resolvemos problemas?</i>
	<i>¿Cuál es el consumo diario de agua en litros de un integrante en mi hogar?</i>
	Actividad 5: Aplicación del pretest sobre aprendizaje profundo (EVALUACIÓN INICIAL)
	Actividad 6: Resolvamos un problema en contexto
SEMANA 3	SESIÓN 3: EXPLORACIÓN INICIAL: Verbalización de modelos explicativos iniciales.
	<i>¿Cómo usamos las pruebas disponibles para construir argumentos?</i>
	<i>¿Qué estrategias de ahorro del agua podemos poner en práctica en nuestro hogar?</i>
	Actividad 8: Argumentemos para proponer alternativas de solución a problemas derivados de la demanda de agua
	Situación problemática 2: La crisis del agua en mi comunidad
SEMANA 4	SESIÓN 4: INTRODUCCIÓN DE NUEVOS CONCEPTOS
	<i>¿Cuándo hablamos del espacio ocupado por un cuerpo, a que propiedad nos referimos?</i>
	Actividad 11: Construcción de los conceptos de volumen y capacidad
	Situación problemática 3: El día que nos quedamos sin agua en el cole
	Actividad 12: Construcción del concepto de volumen de líquido desplazado o desalojado
SEMANA 5	SESIÓN 5: ESTRUCTURACIÓN Y SÍNTESIS DE LOS MODELOS CONSTRUIDOS
	<i>¿Cómo usamos el conocimiento y las pruebas para argumentar?</i>
	Actividad 14: Experiencias argumentativas
	Situación Argumentativa 1: ¿Qué es lo que aumenta?
	Situación Argumentativa 2: ¿Qué objeto desaloja más agua?
SEMANA 6	SESIÓN 6: APLICACIÓN DEL MODELO CONSTRUIDO
	<i>¿Cómo transformamos, dominamos y usamos el conocimiento para resolver problemas?</i>
	Actividad 16: Estudio de caso: Alera de alto consumo de agua en la Institución
	Actividad 17: Aplicación de una V heurística (EVALUACIÓN SUMATIVA)

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta lo anterior, el diseño de la secuencia didáctica (anexo 6) titulada: *Aprendo resolviendo problemas para proponer alternativas de ahorro y uso eficiente del agua en mi comunidad*, constó de seis (6) sesiones compuestas por cinco (5) horas cada una, para un total de intervención de seis semanas, distribuidas entre los meses de abril y mayo, también se tuvieron en cuenta los estándares básicos de ciencias naturales, las acciones del pensamiento, los objetivos, los saberes previos y las actividades didácticas para el desarrollo de la argumentación y la resolución de problemas, así como el material de apoyo para la evaluación del aprendizaje.

Así mismo, la estructura de la secuencia didáctica siguió el ciclo de aprendizaje constructivista de acuerdo con su operacionalización y los referentes teóricos (anexo 3). La tabla 9 esboza de manera general el diseño de la secuencia, nótese que las filas resaltadas en amarillo corresponden a las nueve (9) situaciones problémicas planteadas a los estudiantes en diferentes momentos de la intervención, así como se resalta la importancia de la evaluación formativa al inicio, al intermedio y al final de esta.

4.4 Resultados del cuestionario final (posprueba)

Luego de la aplicación de la posprueba en la unidad de trabajo, se valoró y caracterizó el nivel final de aprendizaje profundo tomando cada cuestionario diligenciado por los estudiantes y transcribiendo sus respuestas a una tabla en Excel teniendo en cuenta el análisis pregunta a pregunta usando la rejilla de valoración (rúbrica de evaluación) previamente diseñada, otorgando puntos de acuerdo con los criterios de corrección de las respuestas (ver anexo 5). De esta manera, cada estudiante fue ubicado en un nivel de aprendizaje profundo conforme con el puntaje obtenido en la posprueba, pudiendo quedar en el nivel uno (1) o bajo, nivel dos (2) o básico, nivel tres (3) o alto y nivel cuatro (4) o superior según el rango de puntos y las características de cada nivel mostrados en la tabla 3.

De los datos obtenidos para este fin, se calculó un Alpha de Cronbach igual a 0.88, indicando más de un 88 % de consistencia entre los datos, mostrando total congruencia con la validación estadística de los datos de la preprueba y el pilotaje.

En este sentido, la figura 10 muestra la distribución de los estudiantes de conformidad con la puntuación obtenida en el cuestionario final aplicado al grupo-clase de 32 integrantes. Obsérvese que la media aritmética de la muestra (25 puntos) se ubicó en el nivel 3 o alto de aprendizaje profundo. Al comparar los resultados obtenidos con relación al promedio, se evidencia que 17 alumnos (53% de la muestra) se encuentran por encima de la media y los 15 restantes (47% de la muestra) por debajo de esta, siendo el puntaje mínimo de 7 puntos (estudiante 10) y el puntaje máximo de 38 puntos (estudiante 1) de 44 posibles.

Así mismo, los resultados de la posprueba mostrados en la figura 11 indican que la valoración final de aprendizaje profundo del alumnado deja una distribución en los diferentes niveles así: en el nivel bajo (franja roja), 4 estudiantes correspondientes al 13%, en el nivel básico (franja amarilla), 8 estudiantes correspondientes al 25%, en el nivel alto (franja azul), 12 estudiantes correspondientes al 38% y en el nivel superior (franja verde), 8 estudiantes

correspondientes al 25 %, es decir, en la valoración final de aprendizaje profundo se identificó que el 63% (20 alumnos) de los estudiantes se ubica en los niveles superior y alto, dejando a un 38% en los niveles inferiores (12 alumnos).

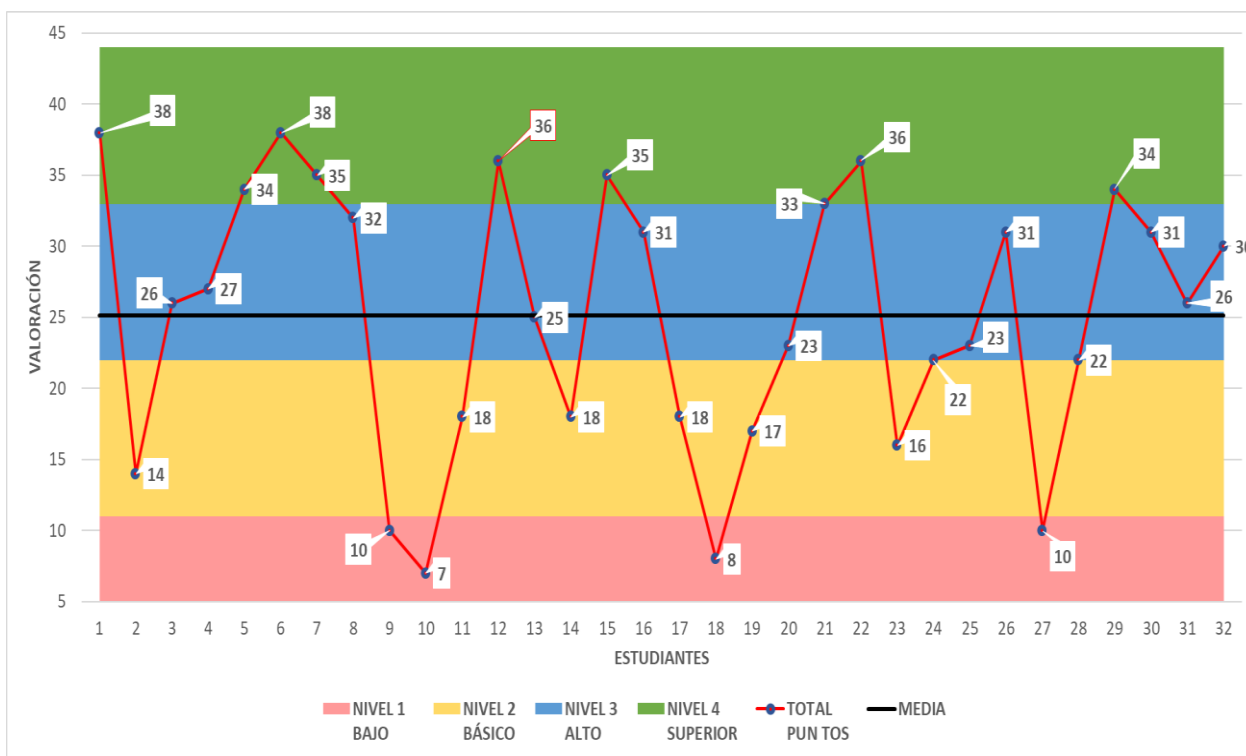


Figura 10. Resultados de la valoración de la posprueba para la caracterización final de aprendizaje profundo de los estudiantes

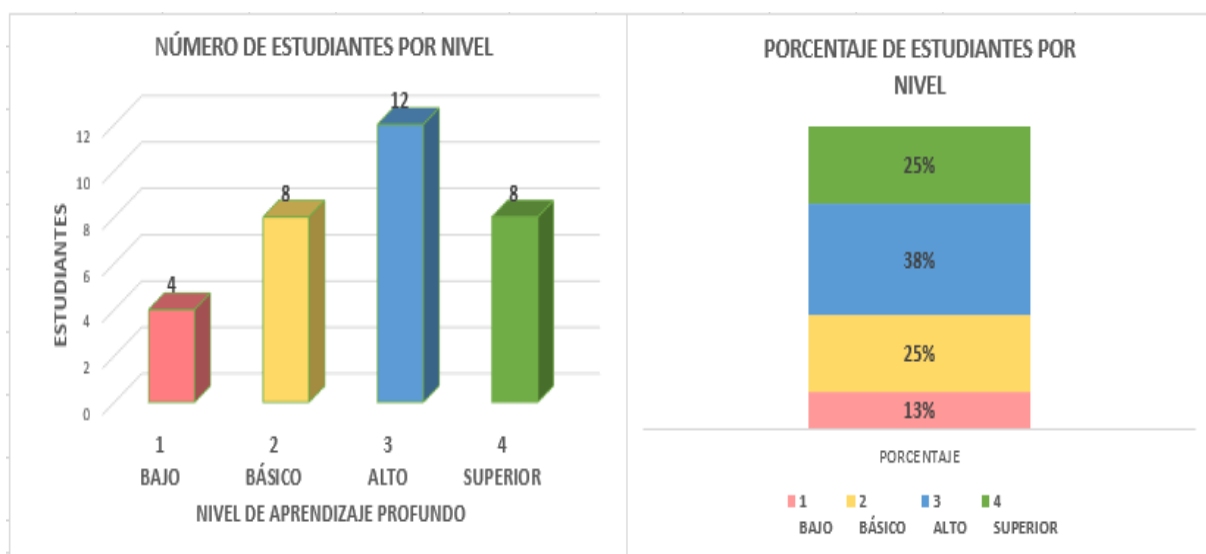


Figura 11. Número y porcentaje final de estudiantes por nivel de aprendizaje profundo Fuente: Elaboración propia

Además, Teniendo en cuenta las valoraciones finales de cada estudiante, los referentes teóricos y las tablas 2 y 3 se realizó la caracterización final en cada uno de los componentes del aprendizaje profundo mostrados en la tabla 10, demostrando una mejora de los procesos de aprendizaje profundo propuestos en la intervención didáctica.

Tabla 10. Caracterización final de los niveles de aprendizaje profundo de los estudiantes en los componentes: argumentación, resolución de problemas y comprensión conceptual

NIVEL	% Y NUMERO DE ESTUDIANTES	CARACTERIZACIÓN FINAL
4 Superior	25% (8)	<p>Referente a la resolución de problemas, los estudiantes de este nivel incorporan habilidades cognitivas tales como el Análisis (cuando se separa y une información relevante e irrelevante), la Síntesis (necesaria para formular hipótesis y procesar simultáneamente un gran número de hechos o datos) y la trasferencia de conocimiento (mayor indicador de un buen aprendizaje al usar el nuevo conocimiento en un contexto diferente de aquel en el que se aprendió). Estas habilidades se demuestran mediante el uso de las pruebas necesarias para resolver el problema, además de ejecutar actividades cognitivas que les permite formular el problema, diseñar y planificar la solución, explorar caminos de solución, verificando o no la solución.</p> <p>Respecto a la argumentación, los estudiantes proponen justificaciones que tienen en cuenta soportes teóricos relacionados con la temática planteada, además de fuentes factuales de conocimiento, también presentan conclusiones (explicaciones causales) sustentadas en pruebas (hechos o datos) y conocimientos básicos.</p> <p>En relación con la comprensión profunda del concepto abordado (<i>volumen de líquido desplazado</i>), se evidencia una evolución conceptual significativa en cuanto al uso del lenguaje y la incorporación de conocimientos declarativos (hechos, conceptos, principios, teorías) para la construcción de sus argumentos, además se demuestra dominio del tópico abordado, al transfórmalo y usarlo para acometer la resolución de problemas prácticos y abiertos.</p>
3 Alto	38% (12)	<p>Referente a la resolución de problemas, la mayoría de los estudiantes de este nivel incorporan habilidades cognitivas como el análisis y la síntesis del problema, esto les permite usar algunas pruebas y ejecutar actividades cognitivas para formular y planificar el problema tratando de buscar alguna ruta de resolución y no verifican la solución.</p> <p>Respecto a la argumentación, la mayoría de los estudiantes presentan conclusiones (explicaciones causales) donde se identifican dos componentes de la argumentación entre justificaciones, pruebas (hechos o datos) y conocimientos básicos (científico o factual), es decir, los alumnos construyen argumentos donde se identifica que sus conclusiones están justificadas y sustentadas en pruebas sin usar conocimientos básicos o, las conclusiones están justificadas usando conocimientos básicos sin tener en cuenta las pruebas.</p> <p>En relación con la comprensión del concepto estudiado, los estudiantes muestran una evolución conceptual aceptable, explican y compraran algunos conceptos que estructuran el metaconcepto de <i>volumen de líquido desplazado</i>, usándolos en algunos</p>

		argumentos y mostrando un uso aceptable del lenguaje, pudiendo o no utilizar este conocimiento para resolver problemas prácticos y abiertos.
2 Básico	25% (8)	<p>Referente a la resolución de problemas, la mayoría de los estudiantes de este nivel incorporan habilidades como el Análisis sin llegar a una síntesis del problema, lo que limita sus actividades cognitivas solo a la formulación del problema, tratando de diseñar y planificar una solución para llegar a una resolución inadecuada.</p> <p>Respecto a la argumentación, la mayoría del alumnado presenta conclusiones (explicaciones causales) donde se identifica un componente de la argumentación entre justificaciones, pruebas (hechos o datos) y conocimientos básicos (factual o científico), es decir, los estudiantes construyen argumentos que muestran pruebas (hechos o datos) o justificaciones sin tener en cuenta el conocimiento, aunque en algunos casos usan conocimiento cotidiano e impreciso.</p> <p>En relación con la comprensión del concepto estudiado, los estudiantes demuestran una evolución conceptual mínima, por tanto, aunque recuerdan algunos conceptos implicados, los confunden, no los describen y demuestran un uso inadecuado del lenguaje al incorporarlos en sus argumentos y tratar de usarlos para resolver problemas prácticos y abiertos.</p>
1 Bajo	13% (4)	<p>Referente a la resolución de problemas, los estudiantes de este nivel no demuestran el desarrollo de habilidades cognitivas como el análisis, la síntesis y la transferencia de conocimiento, derivando esto en la falta de comprensión y planteamiento del problema, por lo tanto, no es posible el diseño y planificación del problema, así como la exploración de rutas a la solución, ni mucho menos su verificación.</p> <p>Respecto a los componentes de la argumentación, los estudiantes no formulan ninguno, es decir, no identifican pruebas (hechos o datos) y sus justificaciones, si las hay, no tienen en cuenta el conocimiento, además, cuando no dejan el espacio vacío se limitan a declarar opiniones basadas en argumentos de autoridad, creencias, supersticiones o expresiones tautológicas.</p> <p>En relación con la comprensión del concepto estudiando (<i>volumen de líquido desplazado</i>), no se evidencia evolución conceptual, el uso del lenguaje es impreciso y ambiguo, demostrando carencia de conocimientos necesarios para construir argumentos y resolver problemas.</p>

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta los resultados antes y después de la intervención, es posible afirmar que la implementación de secuencias didácticas motivadoras para los estudiantes donde se tiene en cuenta su participación activa en la construcción del conocimiento, enfrentándolos de manera concreta con los fenómenos a estudiar, presentándoles situaciones problemáticas contextualizadas y permitiendo que expresen sus ideas y conclusiones a través de experiencias argumentativas, les permite acercarse a la comprensión profunda de conceptos científicos para luego usarlos en la solución de problemas relevantes como los ambientales.

En este sentido, para visualizar las transformaciones en el aprendizaje profundo de los estudiantes, y en últimas la eficacia de la intervención didáctica, se contrastaron los resultados al inicio y al final como se muestra en el próximo aparte.

4.4.1 Contratación de los resultados obtenidos en el cuestionario inicial y final

El comparativo de resultados antes y después de la intervención de aula, mostrados en la figura 12, refleja que los niveles de aprendizaje profundo respecto a las valoraciones iniciales aumentaron de forma general, indicando que hubo una incidencia favorable de la secuencia didáctica implementada a pesar de que el 34% de los alumnos (estudiantes 1, 2, 8, 9,10,11, 14, 17, 18, 27, 21) no mostraron transformaciones significativas en el aprendizaje profundo, quedando en el mismo nivel, aunque sus valoraciones hayan mejorado, en este sentido, cabe aclarar que este grupo de estudiantes que aparentemente no presentaron mejoría en algunos componentes de la argumentación y resolución de problemas, estuvieron condicionados al tipo de escala de medida usada. Obsérvese por ejemplo al estudiante 8 que, con una valoración inicial de 23 puntos y una final de 32, permaneció en la franja azul del nivel alto de aprendizaje profundo.

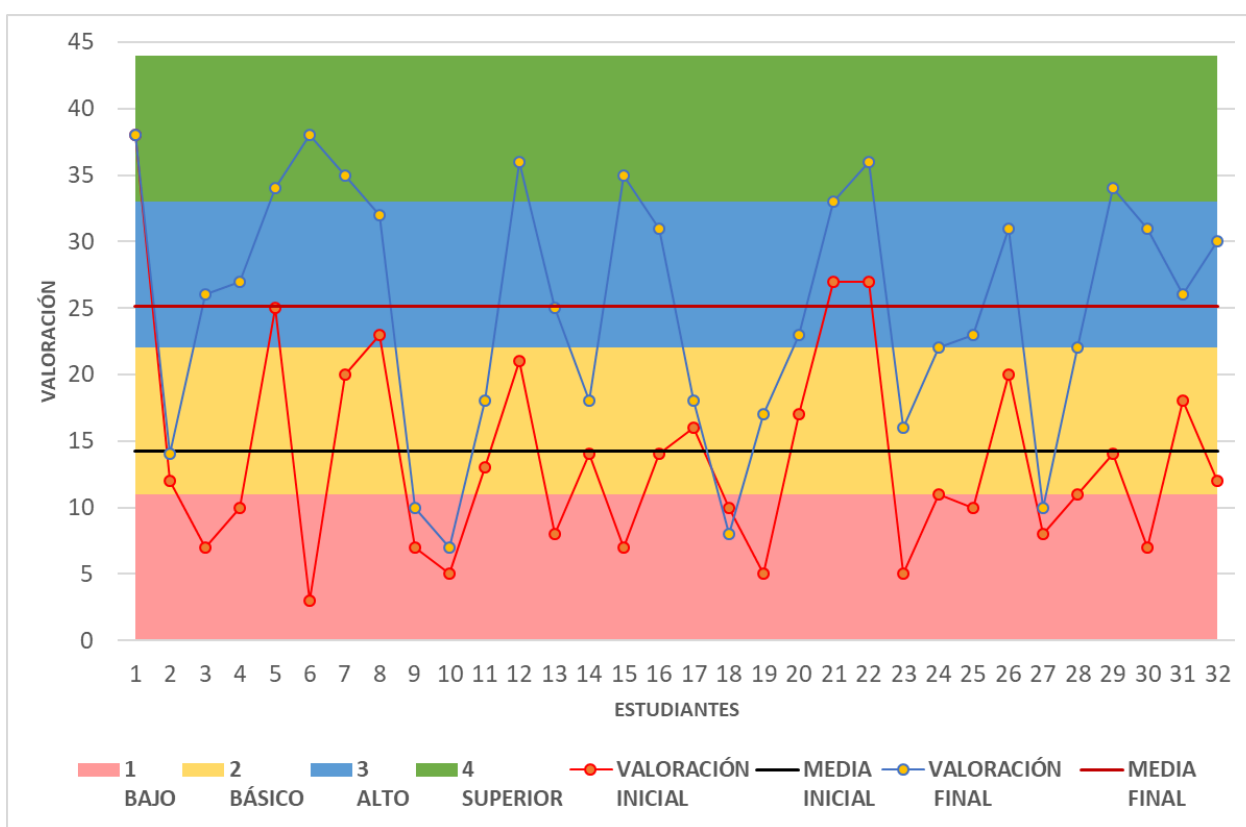


Figura 12. Comparativo entre resultados de la preprueba y la posprueba de los estudiantes de grado 6B de la IEANC.
Fuente: Elaboración propia

Respecto al 66% de los estudiantes (21 alumnos) que si tuvieron transformaciones significativas en el aprendizaje profundo, el 53 % (11 alumnos) pasaron de un nivel a otro y el 47% restante (10 alumnos), mejoraron sus desempeños de tal forma que pudieron avanzar a niveles superiores, ejemplo de ello, fueron los estudiantes 6 y 15 que en la caracterización

inicial se encontraban en el nivel 1 (bajo) y después de la intervención pasaron al nivel 4 (superior) (tabla 11).

En la tabla 12 y 13 se presentan los datos que permiten una descripción más detallada de la comparación de los estados inicial y final, que demuestran una evolución en los niveles de aprendizaje, obsérvese que el aumento de 11 puntos en los valores de la media, así como el incremento del número de alumnos por encima de este valor se pueden atribuir al mejoramiento en los desempeños individuales del estudiantado al superar parte de sus debilidades, e incorporar destrezas en algunos o en todos los componentes establecidos del aprendizaje profundo, derivados de las subcategorías: nivel argumentativo argumentación y la resolución de problemas, dimensiones que no se habían potenciado antes de la intervención.

Tabla 11. Avances de los estudiantes en los diferentes niveles de aprendizaje profundo

CON CAMBIOS SIGNIFICATIVOS				SIN CAMBIOS SIGNIFICATIVOS		
Nº Estudiantes	Nivel inicial	Nivel final	Avances	Nº Estudiantes	Nivel inicial	Nivel final
4	1 (bajo)	2 (básico)	1 NIVEL	4	1(bajo)	1(bajo)
5	1 (bajo)	3 (alto)	2 NIVELES	4	2 (básico)	2 (básico)
2	1 (bajo)	4 (superior)	3 NIVELES	2	3 (alto)	3 (alto)
5	2 (básico)	3 (alto)	1 NIVEL	1	4 (superior)	4 (superior)
3	2 (básico)	4 (alto)	2 NIVELES	TOTAL= 11 ESTUDIANTES (34%)		
2	3 (alto)	4 (superior)	1 NIVEL			
TOTAL= 21 ESTUDIANTES (66%)						

Fuente: Elaboración propia. Basado en los resultados de la preprueba y la posprueba

Tabla 12. Comparativo de los resultados obtenidos entre la preprueba y la posprueba

DATO	PREPRUEBA	POSPRUEBA	AVANCES
Media	14 puntos	25 puntos	11 puntos, representan un crecimiento global de los componentes de aprendizaje profundo; resolución de problemas y argumentación.
Estudiantes debajo de la media	21	15	6 estudiantes menos por debajo de la media, esto refleja que los estudiantes superaron ciertas dificultades en el aprendizaje durante la intervención didáctica.
Estudiantes encima de la media	17	21	4 estudiantes más por encima de la media, esto indica que más alumnos se ubicaron en niveles de aprendizaje profundo más altos.

Estudiantes con desempeño alto	1	8	esto indica que 7 estudiantes más pudieron mejorar su nivel de aprendizaje, al construir argumentos de mejor calidad y resolver problemas de manera adecuada.
---------------------------------------	---	---	---

Fuente: Elaboración propia. Basado en los resultados de la preprueba y la posprueba

Tabla 13. Frecuencias y porcentajes comparativos entre la preprueba y la posprueba

NIVEL	PREPRUEBA	PORCENTAJE	POSPRUEBA	PORCENTAJE
1 (Bajo)	15	47%	4	13%
2 (Básico)	12	38%	8	25%
3 (Alto)	4	13%	12	38%
4 (Superior)	1	3%	8	25%
TOTAL	32	100%	32	100%

En esta misma línea, la comparación de resultados también permitió describir y explicar cómo las transformaciones significativas que se dieron en el aprendizaje profundo del *concepto volumen de líquido desplazado*, hicieron que los estudiantes mejoraran sus destrezas para argumentar y resolver problemas, por ejemplo, la tabla 14 muestra cómo el estudiante 6 no reconocía inicialmente la temática, por lo tanto, no estaba en capacidad de justificar usando el conocimiento (científico, factual o cotidiano), tampoco reconocía las pruebas, por lo cual, no estaba en la capacidad de reconocer, comprender, plantear y formular un problema, alcanzando en la preprueba una valoración de 3 (nivel bajo), situación que cambió significativamente después de la intervención de aula, donde al final, el alumno logró una puntuación de 38 (nivel superior), para este efecto, el estudiante demostró el desarrollo de las destrezas necesarias para construir argumentos de calidad, así como las habilidades de análisis y síntesis para acometer la resolución adecuada de los problemas planteados.

De acuerdo con esto, se demuestra estadísticamente que, para promover aprendizajes profundos en los estudiantes, el docente debe enseñar de forma explícita bajo una perspectiva de construcción del conocimiento (por ejemplo, implementando unidades didácticas), las destrezas y estrategias del pensamiento fundamentales requeridas para poder reflexionar sobre un tópico de forma profunda, ya que este tipo de aprendizaje requiere darle significado a una nueva información (Valenzuela, 2007).

Además, el uso del enfoque profundo impacta en los resultados del aprendizaje por que conduce a los estudiantes a un entendimiento comprensivo de lo estudiado, potenciando el desarrollo de habilidades de solución de problemas, dominio conceptual y la motivación intrínseca (Biggs, 1988 cit. por Pina et al., 2010), en esta misma lógica, Pina et al. (2010) plantean que los estudiantes que adquieren aprendizajes profundos relacionan las partes y el todo, realizan lectura comprensiva extrayendo la información relevante y dedican su tiempo y esfuerzo en entender las temáticas para relacionarlas con sus saberes y experiencias previas.

En síntesis, los estudiantes que profundizan en su aprendizaje tienden a lograr mejores desempeños y transfieren en mayor medida el conocimiento a otros contextos respecto a los alumnos que usan aprendizajes superficiales (Pina et al., 2010). Es decir, los estudiantes que en esta investigación aprendieron en profundidad y obtuvieron las mayores valoraciones, en términos de Ramírez y Tamayo (2011), fueron los que a través de la intervención didáctica pudieron, primero, vincular las nuevas ideas y conceptos con sus conocimientos y experiencias previas, segundo, integrar sus conocimientos a la red conceptual abordada para interrelacionarlos, tercero, valorar sus nuevas ideas y relacionarlas con sus conclusiones para evaluar la lógica de los procesos argumentativos y finalmente, reflexionar sobre su propia comprensión y los propios procesos de aprendizaje, además de transformar, dominar y usar el nuevo conocimiento construido para resolver problemas reales (Beas et al., 2003)

Tabla 14. Descripción de las transformaciones del aprendizaje profundo en el estudiante 6 del grado 6B

PREPRUEBA: apartes del cuestionario (desarrollo de la argumentación)	DESCRIPCIÓN
<p> <input type="radio"/> A. El objeto 1 es el que desplaza menos agua. <input type="radio"/> B. El objeto 3 es el que desplaza más agua. <input type="radio"/> C. El objeto 2 es el que desplaza menos agua. <input checked="" type="radio"/> D. Todos los objetos desplazan la misma cantidad de agua. </p> <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">DEJA LOS ESPACIOS TOTALMENTE VACIOS</p> <p>2.1. Menciona los datos tenidos en cuenta para apoyar tú respuesta.</p> <p>Dato 1: _____</p> <p>Dato 2: _____</p> <p>Dato 3: _____</p> <p>Dato 4: _____</p> <p>2.2. Explica las causas por las cuales escogiste la opción marcada en la pregunta 2.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>2.3. Plantea las razones por las que alguna de las otras opciones de la pregunta 2, NO pueden ser la respuesta correcta.</p> <p>Razón1: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Razón2: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>El estudiante marca la opción c, pero deja los espacios en blanco, esto sugiere que él, no reconoce la temática y no encuentra juicios suficientes para dar algún tipo de respuesta a las cuestiones planteadas, demostrando la incapacidad de construir justificaciones o razones e identificar la pruebas o datos necesarios que sustenten la opción marcada.</p>

A. El objeto 1 es el que desplaza menos agua.

B. El objeto 3 es el que desplaza más agua.

C. El objeto 2 es el que desplaza menos agua.

☒ D. Todos los objetos desplazan la misma cantidad de agua. **CONCLUSIÓN CORRECTA**

2.1. Menciona los datos tenidos en cuenta para apoyar tu respuesta.

Dato 1: la bola el volumen es 1000cm³

Dato 2: Cilindro el volumen es 1000cm³

Dato 3: cubo el volumen es 1000cm³

Dato 4: Botella de gasosa el volumen es 1000cm³

2.2. Explica las causas por las cuales escogiste la opción marcada en la pregunta 2.

Por que todos los objetos tienen el mismo volumen si los sumergimos Por la ley de Arquímedes que desplaza el mismo volumen de agua

PRUEBAS

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

JUSTIFICACIÓN

2.3. Plantea las razones por las que alguna de las otras opciones de la pregunta 2, NO pueden ser la respuesta correcta.

Razón1: es la D por que tienen el mismo volumen todos los objetos entonces la A no es por que desplazan menos agua no porque tienen el mismo volumen

C. CIENTÍFICO: VOLUMNE DE LÍQUIDO DESPLAZADO

Razón2:

Para apoyar la opción marcada identifica y compara las **pruebas** suficientes para llegar a una **conclusión** correcta, además, relaciona su conclusión con las pruebas a través de **justificaciones** haciendo uso de **conocimiento científico**.

La comprensión profunda del concepto de volumen de líquido desplazado le permite dar razones por las cuales otras posibles explicaciones causales (conclusiones) son inadecuadas y refutarlas.

Usa todos los elementos necesarios para construir un buen argumento que apoye su conclusión al usar pruebas, justificación y conocimiento implicados en la situación problemática planteada.

PREPRUEBA: apartes del cuestionario (resolución de problemas)**DESCRIPCIÓN**

De acuerdo con lo observado en el experimento del profesor Adrián, es correcto afirmar que

- 10
- A. El objeto que se metió en el vaso 1 tiene mayor volumen que el objeto que se metió en el vaso 3.
 - B. El objeto que se metió en el vaso 3 tiene un volumen de 50 mililitros.
 - C. Los objetos que se metieron en los vasos 1 y 4 tienen un volumen de 5 mililitros.
 - D. El objeto que se metió en el vaso 2 tiene menor volumen que el objeto que se metió en el vaso 1.

3.1. Describe los temas y conceptos que recordaste y te hayan servido para resolver el problema presentado.

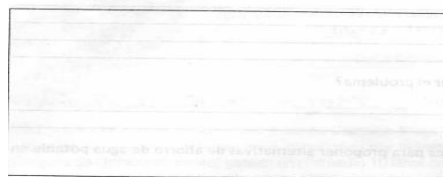
Concepto1: _____

Concepto2: _____

Concepto3: _____

3.2. ¿Qué evidencias o datos utilizaste para resolver el problema?

3.3. Describe paso a paso el camino que seguiste para resolver el problema (Puedes usar dibujos, esquemas, narraciones, procedimientos)



Paso1: _____

Paso2: _____

Paso3: _____

POSPRUEBA: apartes del cuestionario (resolución de problemas)**DESCRIPCIÓN**

Los objetos que se metieron en los vasos 1 y 4 tienen un volumen de 5 mililitros.

D. El objeto que se metió en el vaso 2 tiene menor volumen que el objeto que se metió en el vaso 1.

3.1. Describe los temas y conceptos que recordaste y te hayan servido para resolver el problema presentado.

Concepto1: que el vaso tiene un volumen inicial y al introducir el objeto el nivel de agua sube por el volumen del objeto

1 Concepto2: **CONCEPTO DE VOLUMEN DE LÍQUIDO DESPLAZADO**

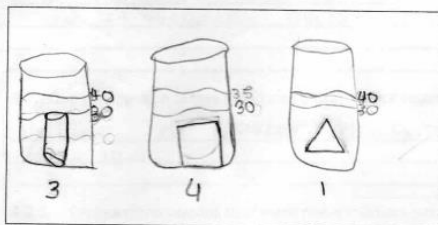
Concepto3: _____

3.2. ¿Qué pruebas (hechos o datos) utilizaste para resolver el problema?

3 el volumen de la piedra es 5 mililitros
el volumen del cubo es de 15 mililitros
el volumen del círculo es de 2 mililitros
el volumen de la bola es de 5 mililitros

**IDENTIFICA Y RELACIONA
LOS DATOS**

3.3. Describe paso a paso el camino que seguiste para resolver el problema (Puedes usar dibujos, esquemas, narraciones, procedimientos)



que el cilindro tiene un volumen de 10 mililitros y en el cubo de 5 mililitros y en el triángulo de 10 mililitros

paso 1 se tiene un volumen inicial

paso 2 introducir el objeto

en la prueba y sube su nivel de agua

paso 3 y ya miramos que fue lo que subió

4 **PROCESOS PROBLÉMICOS**

**FORMULACIÓN
PLANIFICACIÓN
RESOLUCIÓN
VERIFICACIÓN**

El estudiante no marca ninguna opción, tampoco demuestra el desarrollo de habilidades cognitivas como el análisis, la síntesis y la transferencia de conocimiento, derivando esto en la falta de comprensión y planteamiento del problema, por lo tanto, no es posible el diseño y planificación del problema, así como la exploración de rutas a la solución, ni mucho menos su verificación.

El estudiante incorpora habilidades cognitivas tales como el Análisis, la Síntesis y la transferencia de conocimiento para resolver el problema. Estas habilidades se demuestran al ejecutar actividades cognitivas que le permiten, primero, **formular el problema** al identificar el concepto implicado y reconocer los datos, segundo, **diseñar y planificar el problema** al representar gráficamente el problema y relacionar las variables, tercero, **resolver el problema** explicado una ruta adecuada de solución haciendo explícito que **verificó** la respuesta en el último paso de su ruta. la comprensión del concepto de Volumen de líquido desplazado le permite deducir los volúmenes correspondientes de cada objeto.

4.5 Resultados generales de otras dimensiones del aprendizaje profundo

Este apartado tiene como fin mostrar de forma general como otros aspectos del aprendizaje profundo que no se tuvieron en cuenta, emergieron en el seno de esta investigación, los cuales vale la pena resaltar por sus implicaciones y relaciones con el campo de las Ciencias Ambientales.

La primera categoría emergente tiene que ver con la adquisición e integración de los conocimientos declarativos de la red conceptual abordada (Marzano y Gutiérrez, 2006), permitiendo la comprensión y el dominio del concepto estructurante enseñado (volumen de líquido desplazado), evidenciando la cualificación del uso del lenguaje al pasar de concepciones alternativas (inadecuadas) centradas en conocimientos cotidianos a estructuras conceptuales interrelacionadas que implicaban la diferenciación de variables como la masa, el peso, el volumen y la impenetrabilidad. En consecuencia, se mejoró la coherencia de las explicaciones causales, al incorporar conocimientos científicos y factuales que en últimas permitieron estructurar argumentos de mejor calidad, y así usarlos para resolver problemas adecuadamente en el contexto del ahorro y uso eficiente del agua (tablas 10 y 14).

La segunda categoría emergente fue la argumentación sobre controversias socio científicas o en términos de Simmonneaux (2009), “cuestiones socialmente vivas”, entendidas como cuestiones que están en una encrucijada entre las ciencias humanas y sociales y las ciencias experimentales, que son abiertas y suscitan debates y controversias, por lo que les confiere un carácter “interdisciplinario, relación con la vida diaria o los campos de valores sociales o éticos” (Jiménez, 2010, p.75), abarcando campos transdisciplinares como la ecología, la biología, la física, la química, la sociología, la ética, la economía y el medio ambiente, entre otras.

De acuerdo con esto, la argumentación científica escolar abordada en esta investigación difiere de la argumentación en cuestiones socio científicas, en sentido que, lo que se debate no siempre son explicaciones causales (explicaciones de los fenómenos naturales y físicos) sino cuestiones socialmente relevantes como los problemas ambientales, así, la emergencia de esta nueva categoría estuvo signada por la intención consciente del docente investigador al conectar la clase de ciencias con problemas que tienen relevancia en la vida diaria de los estudiantes, relación que es central en los problemas auténticos (reales) abordados en la secuencia didáctica implementada.

La tabla 15 muestra una síntesis de las respuestas que los estudiantes dieron a la pregunta número 4.2.1 de la posprueba, donde se debía explicar cómo se podían usar los conocimientos construidos para proponer alternativas de ahorro y uso eficiente del agua en las cisternas de la institución y del hogar. Obsérvese que los tipos de argumentación socio científica demuestran en primer lugar, que no dependieron de los diferentes niveles de aprendizaje profundo, pues la diversidad de explicaciones se dio en todo los niveles excepto el nivel bajo, en segundo lugar, se evidencia el dominio del concepto de volumen de líquido desplazado al concluir que, efectivamente, introducir una botella en una cisterna, permite el uso eficiente del recurso hídrico, inclusive estudiantes como el 1, 11, 21 y 24 explican desde las pruebas y las justificaciones porque ocurre este fenómeno y en tercer lugar, emergen nuevas nociones, conceptos y valores (científicos, sociales, éticos, ecológicos) de la dimensión ambiental como

el cuidado medioambiental, el uso responsable del agua, el cuidado de los ríos y océanos, la protección de los ecosistemas, el uso de tecnologías de bajo consumo y el desarrollo sostenible (ver apartes resaltados de la tabla 16) que se conectan con la vida misma del alumno en los contextos extra e intra escolar.

Tabla 15. Argumentación socio científica del estudiantado en la posprueba

ALUMNO	NIVEL FINAL DE APRENDIZAJE PROFUNDO	ARGUMENTACIÓN SOCIO CIENTÍFICA
Alumno 22	4 (superior)	“las alternativas serían revisar el mantenimiento, el ahorro con la botella y también nos ayuda a ahorra agua, al mundo, los animales, así ayudamos al planeta, los ríos no se secan y habrá más agua para los animales y no afectará a nuestro planeta”
Alumno 1	4 (superior)	“sumergiendo la botella de un L o más en la cisterna de los inodoros también se puede meter objetos que quepan en la cisterna de los inodoros, también haciendo uso eficiente del agua. Se ahorra agua metiendo la botella por que la botella ocupa el volumen que estaba usando el agua, y el agua no puede ocupar el mismo espacio que está usando la botella”
Alumno 21	3 (alto)	“Que si uno mete una botella de 1 L en la cisterna de un inodoro por cada descarga se ahorra un litro. Este método nos beneficia por que hubiera más agua en el ecosistema”
Alumno 13	3 (alto)	“Pues que ahorrar más agua porque se nos está contaminando por eso nos ayuda la botella de 1 L”
Alumno 25	3 (alto)	“Introducir la botella con agua o con arena en el tanque de los baños ayuda a ahorra mucha más agua y ayuda al medio ambiente a los animales”
Alumno 32	3 (alto)	“Al ahorrar un 1 L por vaciada podemos ayudar el medio ambiente no gastando agua sin necesidad y para no acabar con agua infectada”
Alumno 8	3 (alto)	“que 1 listo de agua que cuidemos o ahorrar va a tener más agua en el medio ambiente, el colegio, las casas etc.”
Alumno 19	2 (básico)	“Metiendo una botella al tanque del baño para ahorra 1 L de agua por cada descarga, esto ayuda al medio ambiente a no gastar los ríos los mares”
Alumno 11	2 (básico)	“podemos meter la botella en la cisterna para ahorra más agua porque también depende de la botella si es de 1 Lt y medio puede ahorrar eso y si es a litro ahorra un litro, o sea que si podemos ahorrar. Lo beneficia en tener más agua potable para el medio ambiente y para nosotros una vida mejor sin malgastar”
Alumno 17	2 (básico)	“Inventar un sistema para ahorrar más agua de la normal”
Alumno 24	2 (básico)	“Para ahorra más agua ya que la botella ocupará un espacio que ya no ocupa el agua y al vaciar saldrá menos agua”
Alumna 28	2 (básico)	“como el colegio nos muestra que no tiene cosas para ahorrar agua nosotros mismos podemos ahorrar al usar estos conocimientos”

Fuente: Elaboración propia. Basado en los resultados de la posprueba

En definitiva, basados en la información recolectada y el análisis cuantitativo de corte descriptivo explicativo realizado, se puede corroborar la hipótesis planteada en el planteamiento del problema, en la cual se demuestra que a través de la enseñanza explícita de habilidades de pensamiento (argumentación y resolución de problemas), se pueden promover aprendizajes profundo sobre dominios específicos del conocimiento (volumen de líquido desplazado), tomando como punto de partida la implementación de una secuencia didáctica basada en la resolución de problemas ambientales. Esto se puede evidenciar en la figura 12 y la tabla 13. Asimismo, es necesario entender que tanto la argumentación científica escolar como la resolución de problemas en ciencias, son condición *sine quanon* para el logro de comprensiones profundas de los conceptos estudiados (Tamayo, 2011), es decir, aprender en profundidad sobre un tópico, requiere primero del desarrollo de dichas habilidades para poder, luego, transformar, dominar y usar ese conocimiento en la resolución de problemas reales.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La investigación permitió llegar a las siguientes conclusiones, en relación con los aportes de una secuencia didáctica diseñada con base en un modelo para la resolución de problemas ambientales en el contexto del ahorro y uso eficiente del agua, al aprendizaje profundo de los estudiantes sobre dominios específicos del conocimiento (volumen de líquido desplazado).

- Tomar como punto de partida la problematización de situaciones ambientales, particularmente en el contexto del ahorro y uso eficiente del agua, permitió de un lado, una ambientalización curricular (enseñar desde y para el ambiente), y del otro, una enseñanza explícita de habilidades de pensamiento que favoreció el movimiento a niveles superiores de aprendizaje profundo de los estudiantes.
- Realizar una caracterización inicial del alumnado incluyendo los estilos de aprendizaje, las actitudes hacia la ciencia y el nivel inicial del aprendizaje profundo respecto a conceptos estructurantes, permitió de un lado, organizar grupos de trabajo heterogéneos e intencionales agrupando a estudiantes con características diferentes, que pudieron complementarse adecuadamente para el trabajo colaborativo en el aula, y de otro lado, identificar las debilidades en el aprendizaje y los saberes previos a tener en cuenta como insumo en la planeación de las actividades didácticas contextualizadas y enfocadas en situaciones concretas para la construcción conceptual, la solución de problemas y el desarrollo de procesos argumentativos.

- Al Implementar una secuencia didáctica diseñada con base en un modelo para la resolución de problemas ambientales, se pudo establecer que la enseñanza explícita de habilidades del pensamiento (resolución de problemas y argumentación) le permite al estudiante mejorar sus niveles de aprendizaje profundo sobre dominios específicos del conocimiento (*volumen de líquido desplazado*), en la medida que aprende a identificar los componentes esenciales para construir un argumento y puede aplicar herramientas heurísticas en la resolución de problemas; Pudiendo contextualizar estos aprendizajes en diferentes aspectos de su vida escolar y extraescolar.
- El análisis cuantitativo de corte descriptivo-explicativo permitió ratificar que la secuencia didáctica, basada en la resolución de problemas, contribuyó de manera favorable al aprendizaje profundo sobre dominios específicos (*volumen de líquido desplazado*) en sus dimensiones: resolución de problemas y argumentación, al realizar el contraste de los niveles de aprendizaje de los estudiantes del grado 6B de la IEANC, antes y después de la intervención didáctica.
- Propiciar que los estudiantes se enfrentaran de manera concreta al fenómeno estudiado, a través de problemas prácticos y abiertos, redujo los obstáculos epistemológicos y ontológicos conceptuales para poder alcanzar comprensiones profundas del concepto abordado y usarlo en situaciones problemáticas.

5.2 Recomendaciones

Para mejor acercamiento a una verdadera renovación metodológica y transformación curricular que se ocupe de los problemas sociales y ambientales actuales las recomendaciones son las siguientes:

- Promover desde la facultad de Ciencias Ambientales nuevas investigaciones de corte mixto (cuantitativas y cualitativa) sobre el enfoque de aprendizajes profundos, que además de describir las transformaciones del aprendizaje, permitan comprender como ocurren estos procesos.
- Profundizar en diversas investigaciones sobre otras dimensiones del aprendizaje profundo como la motivación y la metacognición.
- Tener en cuenta conceptos estructurantes para la elaboración de los planes de área de Ciencias Naturales.
- Empezar un proceso de ambientalización escolar que permita incluir la dimensión ambiental a partir de la problematización de situación ambientales del contexto, como eje articulador para la enseñanza de las ciencias naturales.

- Abordar cuestiones socialmente vivas en la clase de ciencias, de manera que no solo se favorezca la argumentación científica, sino también, la argumentación socio científica.

Referencias

- Álvarez, P., & Rivarosa, A. (2000). *Problemas ambientales. Resolución de problemas*, Madrid, Ed. Síntesis.
- Báez Alcaíno, J., & Onrubia Goñi, J. (2015). *Una revisión de tres modelos para enseñar las habilidades de pensamiento en el marco escolar*. *Perspectiva Educacional*, 55(1), 94-113.
- Beas, J., Santa Cruz, J., Thomsen, P., y Utreras, S. (2003). *Enseñar a pensar para aprender mejor*. Santiago: Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Bravo, B., Pesa, M. y Pozo, J.I. (2012). *La enseñanza y el aprendizaje de la ciencias. Un estudio sobre «qué, cuando y cuanto» aprenden los alumnos acerca de la visión*. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3), 109-132 pp.
- Congreso de la República de Colombia. (6 de junio de 1997). *Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*. [ley 373 de 1997]. DO: 43.058.
- Congreso de la República de Colombia. (8 de febrero de 1994). Artículo 5 [Título I] *Ley General de Educación*. [ley 115 de 1994]. DO: 41.214.
- Dewey, J. (1910). *How we Think*. The middle works. Carbonale: Southern Illinois University Press.
- De Gregori, W. (1999). *En busca de una nueva noología*. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, (25), 71-82.
- Driver, R. & Newton, P. (1997). *Establishing the norms of scientific argumentation in classroom*. Paper presented at the ESERA conference. Rome.
- Flavell, J. (1979). *Metacognitive and cognition monitoring*. *American Psychologist* (34), 906-911.
- Gaudiano, E. J. G. (2012). *La ambientalización del currículum escolar: breve recuento de una azarosa historia*. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 16(2), 15-24.
- Galfrascoli, A. (2017). *Conceptos Estructurantes: Reflexiones Teóricas y Propuestas Prácticas para Organizar la Enseñanza de las Ciencias*. *Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 10(19).
- Gracia, J. (1998). *La Creatividad y la resolución de problemas como bases de un modelo didáctico alternativo*. *Revista educación y pedagogía*, 10(21), 145-173.
- García, J. (2003). *Resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

- García, J. (2011). *Didáctica de las ciencias: modelizar y resolver problemas en la educación en ciencias experimentales*. Unipluriversidad, Facultad de Educación, Universidad de Antioquía.
- García, C., & Romero, S. (2014). *Aprendizaje en profundidad de las razones y proporciones basado en la resolución de problemas* (Tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Hernández R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta Edición. México: Editorial Mc Graw Hill.
- Liguori, L. y Noste, I. (2005). *Didáctica de las Ciencias Naturales*. Rosario: Homo Sapiens.
- ICFES. (s.f) *resultados de pruebas SABER* (2016). <http://www.icfesinteractivo.gov.co/ReportesSaber359/consultaReporteEstablecimiento.aspx>. Recuperado el 20 de mayo de 2018.
- Jiménez, M., Caamaño, A., Onorbe, A., Pedrinaci, E. & Pro, A. (2009) *Enseñar ciencias*. Madrid: editorial Grao.
- Jiménez, M. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas* (Vol. 12). Graó.
- Jiménez, C., Hernández, J., & Castaño, J. (2015), *Condiciones de calidad Maestría en Ciencias Ambientales, para ser ofrecido el énfasis en la enseñanza de la Ciencias Naturales*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Kempa. R.F. (1986). *Resolución de problemas de química y estructura cognitiva*. Enseñanza de las Ciencias, 14(1), 45-65.
- Ministerio de Educación Nacional. *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales*. Recuperado el 3 de octubre de 2016, de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-167860_archivo.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (marzo de 2010). *Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico*. Recuperado el 2 de abril de 2017, de <http://www.minambiente.gov.co/images/gestionIntegraldelrecursoHidrico/pdf>
- Morin, E., Ciurana, E. R., & Motta, R. D. (2002). *Educación en la era planetaria: el pensamiento complejo como "método" de aprendizaje en el error y la incertidumbre humana*. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial.
- Marzano, R., & Gutiérrez, H. G. (2006). *Dimensiones del aprendizaje*. Iteso.
- Mazzitelli, C., Maturano, C., Núñez, G., & Pereira, R. (2006). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos.
- Melo, L., Sanchez, R., Cañada, F y Martinez, G. (2016). *Dificultades del Aprendizaje sobre el Principio de Arquímedes en el contexto de la flotación*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 38(4).
- Morales, T., Arias, J. & Garcia, J. (2017), *Estadística Descriptiva de Datos Ambientales. Ejercicios y Aplicaciones Prácticas*. Colección de textos académicos. Universidad Tecnológica de Pereira.

- Ortega-Díaz, C., & Hernández-Pérez, A. (2015). *Hacia el aprendizaje profundo en la reflexión de la práctica docente*. Ra Ximhai, 11(4).
- Pina, F. H., Nieto, M. C. R., Lara, E. R., & Cruz, J. E. E. (2010). Enfoques de aprendizaje en alumnos universitarios de la titulación de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de España y México. *Revista iberoamericana de Educación*, (53/7).
- Perales, P. (2010). *La resolución de problemas en la didáctica de las ciencias experimentales*. Revista Educación y Pedagogía, 10(21), 119-143.
- Perales, P. (1993). *La resolución de problemas: una revisión estructurada*. Enseñanza de la Ciencias, 11(2), 170-178.
- Pólya, G. (1945). *How to solve it: a new aspect of mathematical method*. Princenton, USA: Princenton University Press.
- Perkins, D. y Blythe, T. (1994). "Putting Understanding up-front". Educational Leadership 51 (5), 4-7.
- Sanmartí, N. (2005). *La unidad didáctica en el paradigma constructivista*. Couso, D. et al. Unidades didácticas en ciencias y matemáticas. Editorial Magisterio. Capítulo, 1, 13-55.
- Sanmarti, N. (2002). *Didáctica de las Ciencias en Secundaria Obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Silva, D. G. M., Erazo, J. G., & Cruz, A. M. O. (2012). *Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 11(21), 23-38.
- Tamayo, O. E., Zona, R., & Loaiza, Y.E. (2015). *El pensamiento crítico en la educación: Algunas categorías centrales en su estudio*. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 11(2), 111-133.
- Tamayo, O. E., Zona, R., & Loaza, Y. E. (2014) *Pensamiento crítico en el aula de clases. Capítulo 7: la resolución de problemas como constituyente del pensamiento crítico en el aula de ciencias*. Manizales: Universidad de Caldas.
- Tamayo, O. E., (2014). *Pensamiento crítico dominio específico en la didáctica de las ciencias*. Tecné Episteme y Didaxis TED, (36).
- Tortajada, C., (2003). *El Agua y el Medio Ambiente en las Conferencias Mundiales de las Naciones Unidas*. (Publicación 3). Zaragoza: Agenda 21 Zaragoza.
- Ramírez, L.P y Tamayo, O.E (2011). *Aprendizaje profundo en semiología neurológica mediante una herramienta informática. Hacia la Promoción de la Salud* 16 (2), 109 – 120.
- Rivarosa, A., & Perales, F. J. (2006). La resolución de problemas ambientales en la escuela y en la formación inicial de maestros. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40, 111-124.
- Schoemfeld, A. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Orlando: Academic Press.

- Simonneaux, L. y Simonneaux, J. (2009). *Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of Education for Sustainable Development*. Cultural Studies in Science Education, 4, 657-687.
- Valenzuela, J. (2007). *Habilidades de pensamiento y aprendizaje profundo*. Revista Iberoamericana de Educación, 46(7), 1-9.
- Veglia, S. M. (2007). *Ciencias naturales y aprendizaje significativo: Claves para la reflexión didáctica y la planificación*. 1ª ed. Buenos Aires: Centro de publicaciones educativas y material didáctico.

Anexos